



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

NYPL RESEARCH LIBRARIES



3 3433 06641454 5

PGC

Vol. 1. /



OSCILLAÇÕES ELÉCTRICAS

I

Óptica das oscillações

POR

A. A. M. VEILADO ALVEZ PEREIRA DA FONSECA

LICENCIADO EM PHILOSOPHIA NATURAL



COIMBRA

TYPOGRAPHIA FRANÇA AMADO

1897

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

138700B

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1941 L

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PARA

O ACTO DE CONCLUSÕES MAGNAS

NA

Faculdade de Philosophia Natural

DA

UNIVERSIDADE DE COÍMBRA

WOR APR 16 '41

O interesse, que o estudo das Oscillações eléctricas tem despertado no mundo scientifico, justifica de sobejo a escolha do assumpto para o nosso trabalho.

A deficiência dos meios de que dispozemos faz-se sentir em mais do que um ponto. Assim, por exemplo, a maior parte das citações dos *Annaes de Wiedemann* sam reprodução das que encontrámos em livros e em memórias, por nos ter sido impossivel consultar a collecção completa daquela revista.

A vastidão do assumpto não permite, que delle tratemos duma só assentada.

Estudos futuros nos permittirám desenvolver e completar os que óra apenas deixamos

iniciados pela comparação dos phenómenos
ópticos e eléctricos.

A estes se seguirám os estudos dos effeitos
produzidos pelas correntes alternativas, alguns
tam interessantes, como sam os effeitos lumi-
nosos e physiológicos, e o estudo das theorias
de von Helmholtz, Maxwell, Hertz, etc.

I

ÓPTICA DAS OSCILAÇÕES

Introducção

Imaginemos um condensador de capacidade C , cujas armaduras estejam a uma diferença de potencial V , e sejam R e L a resistência e o coefficiente da indução propria do circuito de descarga.

Demonstra-se pelo cálculo, que sendo

$$R > \sqrt{\frac{4L}{C}} ,$$

a descarga é contínua, sempre no mesmo sentido, e que a intensidade da corrente se eleva rapidamente a um máximo para em seguida decrescer até zero.

Se pelo contrário fôr

$$R < \sqrt{\frac{4L}{C}} ,$$

a corrente de descarga oscilla periódicamente entre valores positivos e negativos, decres-

cendo rapidamente. As oscillações são isóchronas e a sua amplitude decresce segundo os termos de uma progressão geométrica.

Também pelo cálculo se deduz, que a duração de uma oscillação é dada pela fórmula

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}},$$

que para uma resistência muito pequena em relação a

$$2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

se reduz, como Lord Kelvin demonstrou, a

$$T = 2\pi\sqrt{CL}.$$

A demonstração experimental da natureza oscillatória destas descargas pôde fazer-se reflectindo a faísca num systema de espelhos animado de um movimento rápido e uniforme em torno de um eixo. Em vez de um traço contínuo, que pela rapidez do phenomeno se observa ordinariamente, vê-se que a descarga é constituída por uma série de faíscas, representadas por outros tantos traços luminosos reflectidos nos espelhos.

Para o mesmo fim se póde aproveitar o facto bem conhecido do transporte de matéria nos dois sentidos, quando se faz saltar uma faísca electrica de forte tensão entre dois conductores de differente natureza.

Póde dar-se idéa do phenómeno, de que se trata, por meio de um facto análogo, que se produz no escoamento dos líquidos.

Imaginemos um reservatório dividido em dois por uma parede elástica, onde haja liquido a alturas differentes. A parede elástica está evidentemente curva, tendo a convexidade voltada para o

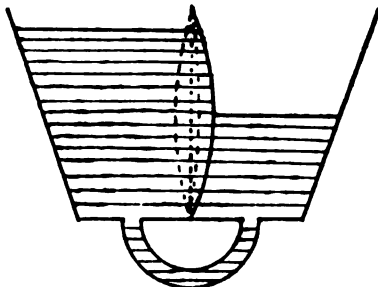


Fig. 1

lado em que a pressão é menor. Se ligarmos os dois compartimentos por um tubo longo e estreito, que produza pelo attrito uma notavel resistência, o liquido correrá regularmente, e a parede elástica tomará lentamente a fórma plana.

Se porém fizermos communicar os dois reservatórios por um tubo curto e grosso, fig. 1, produzir-se-ha um movimento rápido do liquido, e a parede elástica, depois de haver

passado pela posição plana, encurvar-se-ha para o lado opposto, de modo que o líquido voltará em parte para o compartimento donde saíu.

Esta série de oscillações, cuja amplitude vae diminuindo progressivamente até se annullar, continuará por um certo tempo, que varia com o diâmetro e comprimento do tubo, com a natureza das suas paredes, com a capacidade dos reservatórios, etc.

Uma das hypótheses, que tentam explicar a descarga eléctrica entre conductores, consiste em admittir, que entre elles se dá um deslocamento de electricidade comparavel ao movimento dos fluidos nos tubos. D'aqui võem as expressões—*corrente eléctrica, fluido eléctrico*, etc., tiradas da theoria dynâmica dos fluidos.

Apezar das analogias, o exame mais demorado das propriedades das correntes eléctricas mostra quanto ellas differem do fluxo da matéria ponderal.

Assim, um fluido circulando num tubo não produz effeito algum no exterior; uma corrente eléctrica, aquecendo os conductores por onde passa, produz um campo magnético nas suas visinhanças, modifica as proprieda-

des ópticas dos corpos, e produz phenómenos d'inducção nos conductores deslocados no seu campo d'acção.

Uma corrente fluida póde ser alternativa como nos tubos sonoros, onde as ondas sonoras se propagam em vibrações longitudinaes.

Estas correntes poderiam comparar-se ás correntes eléctricas alternativas, mas entre ellas ha differenças não só nos phenómenos, que se passam no meio ambiente, mas tambem naquelles, que se dam nos próprios conductores por onde ellas passam.

As ondas sonoras têm deslocamentos máximos segundo o eixo do tubo, enquanto que nas correntes alternativas a intensidade é máxima á superficie do conductor.

Uma corrente eléctrica deve ser considerada como centro de uma impulsão, que se communica ao meio ambiente, e que, por ser susceptivel de propagar-se no vazio, deve ser transmittida pelo ether.

Uma descarga alternativa origina ondas eléctricas, que se propagam no meio ambiente com uma velocidade igual á da luz, e que sòmente differem das ondas luminosas no período de vibração, e portanto no cumprimento d'onda.

As experiências de Hertz e dos seus continuadores são uma confirmação brilhante das hypótheses de Faraday e de Kirchhoff, precisadas por Maxwell, relativamente á funcção do meio através do qual se transmite a energia eléctrica.

A descoberta da propagação das acções electromagnéticas em ondas semelhantes ás da luz, tem uma grande importância, pois estabelece íntimas relações entre a electricidade, a luz e o calor, e levar-nos-ha sem dúvida, ao perfeito conhecimento das leis, que regem estes agentes physicos.

Entretanto até agora somente se tem conseguido levantar a ponta do véu, que encobre o mechanismo da transmissão da energia eléctrica. Sabe-se, que ella se propaga integralmente nos dieléctricos, enquanto que os conductores a absorvem no todo ou em parte, transformando-a principalmente em efeitos caloríficos, mas o phenomeno da corrente eléctrica continúa sem explicação mesmo na sua forma mais simplez, o regimen permanente.

No estudo, que nos propomos fazer, das oscillações eléctricas pômos um pouco de parte a ordem chronológica, para seguir um

caminho mais racional ; estudaremos os factos e em seguida a theoria.

As analogias experimentaes entre os phenomenos ópticos e os produzidos pelas ondas luminosas, constituem em especial o assumpto do presente trabalho.

CAPITULO I

MODO DE OBTER OSCILLAÇÕES

Mais pelo interesse histórico, do que pelo valor científico actual, recordaremos algumas tentativas de verificações experimentaes da theoria de Von-Helmholtz e de sir William Thomson, feitas antes de Hertz.

1. Experiências de Feddersen (1863). Feddersen (1) ligou a um eixo, que fazia cem rotações por segundo, dois espelhos cóncavos reünidos pela parte posterior; dois pares de espheras ligadas com as armaduras de uma bateria de Leyde descarregavam-se diante destes espelhos, que projectavam uma imagem real da faísca sobre uma lámina de vidro despolido, ou sobre uma pellicula de collódio impressionavel (2).

(1) Feddersen, *Pogg. Ann.*, tom. ciii, pag. 69; tom. cviii, pag. 497; tom. cxii, pag. 452; tom. cxvi, pag. 132.

Ann. de Chim. et de Phys., 3^{me} série, tom. Lxix, pag. 178.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, vol. cit., Est. vii, fig. 1 a 20.

A faísca produzia-se parallelamente ao eixo, e portanto estando o espelho em movimento dava uma imagem alongada perpendicularmente ao mesmo eixo.

Se a descarga era contínua, observava-se um único traço luminoso; sendo oscillante, a imagem era formada por uma série de traços luminosos separados por traços escuros.

Empregando uma bateria de dez garrafas, com 2006 cm^2 de superficie cada uma, descarregando-se através de um fio de cobre de 5 mm , 26 de comprimento e 1 mm , 35 de diâmetro, obteve Feddersen oscillações, cujo período era de $0^{\circ},000000132$.

Augmentando gradualmente a resistência, o que se conseguia intercalando no circuito tubos com um millimetro de diâmetro contendo acido sulfúrico diluido, de densidade igual a 1,25, obteve Feddersen descargas contínuas, e depois descargas intermittentes para grandes valores da resistência, como por exemplo a de cordas molhadas.

Feddersen verificou por este processo, que o período das oscillações é proporcional á raíz quadrada da capacidade do condensador.

A influencia do coefficiente de indução própria não poude ser reconhecida nestas experiências, o que não admira, se attendermos a que Feddersen empregou conductores com centenas de metros de comprido, pendurados em uma parede, com a qual formavam um verdadeiro condensador, cuja capacidade se não podia desprezar quando comparada com a do condensador principal.

Estas experiências foram repetidas em 1890 por

J. Trowbridge e W. C. Sabine (1), que estudaram a descarga de um condensador de lâmina d'ar em vez da de uma garrafa de Leyde. Deste modo reconheceram, que a duração das oscillações varia periodicamente, periodicidade que comparáram ao phenomeno magnético da hysteresis. A periodicidade é principalmente notavel, quando entre a capacidade do condensador e a duração das oscillações eléctricas existe uma relação conveniente.

2. Experiências de Paalzow (1863). Paalzow (2), fazendo atravessar pela corrente de descarga do condensador um tubo de Geissler, disposto parallelamente aos polos de um electromagnete, pôs tambem em evidência a natureza oscillatória da descarga.

Para pequenas resistências, os dois electrodos apresentam uma auréola azul; a acção do electromagnete desdobra o traço da descarga, e, produzindo effeitos contrários sobre as duas partes, que o constituem, faz-lhe tomar a fôrma de um S. Esta figura inverte-se com a mudança do sentido da corrente, e, se as inversões forem rápidas, observa-se finalmente no tubo um 8 luminoso.

(1) J. Trowbridge and W. C. Sabine, *On electrical oscillations in air*, *Phil. Mag.*, 5th series, tom. xxx, pag. 323.

Journ. de Phys., 2^{me} série, tom. x, pag. 147.

(2) Paalzow, *Pogg. Ann.*, tom. cxii, pag. 567, tom. cxviii, pag. 178, 357.

Empregando resistências consideráveis a auréola só apparece num dos pólos, e o magnete não decompõe a descarga.

3. Experiências de Mouton (1876) (1). Foram feitas com um carrete (2) de indução; o phenomeno oscillatório era produzido no fio induzido pela ruptura da corrente no inductor.

Um systema de rodas (disjuntor de Brunner) (3) permite num dado momento abrir o inductor, e em seguida ligar as extremidades do fio induzido aos dois pares de quadrantes de um electrómetro de Thomson.

Fazendo variar o tempo da abertura do inductor conhecia-se o estado das duas extremidades do induzido em differentes phases do período.

Estas experiências não servem para verificar as leis da periodicidade da descarga, porquanto o próprio carrete forma um condensador, que não satisfaz ás condições exigidas pela theoria.

Mais tarde P. Janet (4) propôs-se estudar o modo como varia com o tempo a intensidade das

(1) *Étude expérimental sur les phénomènes d'induction électro-dynamiques*, Thèse de doctorat.

(2) Empregaremos a palavra *carrete* como synonymo de bobina.

(3) A descripção deste aparelho encontra-se no *Cours de physique* de Jamin, tom. iv, 2^{me} part., 3^{me} liv., 1888, pag. 240.

(4) P. Janet, *C. R.*, tom. cxv, pag. 875-1286.
Journ. de Phys., 3^{me} serie, tom. n, pag. 337.

correntes alternativas, empregando para isso o aparelho de Mouton um pouco modificado.

De pouca importancia sam os resultados destas experiências; dellas resultou porém um novo método para a determinação dos coefficients de indução própria, cujos resultados concordam segundo o auctor com os fornecidos pelo processo de lord Rayleigh.

4. Experiências de Hertz (1879-1893) (1). Apesar de serem muito importantes as experiências de Hertz, esse enorme talento morto aos trinta e sete annos de idade em 1 de janeiro de 1894, e cuja perda não só a Allemanha mas todo o mundo scientifico ainda hoje deplora, sómente indicaremos neste capítulo as suas disposições experimentaes, resultantes dos estudos iniciados em 1879, quando a Academia das Sciências de Berlim pôs a prêmio o seguinte problema: *Estabelecer experimentalmente qualquer relação entre as forças electro-magneticas e a polarização dieléctrica dos isoladores.*

Em 1887 Hertz descreveu pela primeira vez um aparelho a que deu o nome de *excitador*, destinado a produzir oscillações eléctricas muito rápidas.

Compõe-se essencialmente de duas capacidades de fórmula espherica, A e A' (fig. 2), prolongadas por um conductor, ao meio do qual ha uma solu-

(1) Hertz, *Wiedmanns Annalen*, tom. xxxi, pag. 421.
Electric Waves., transl. by D. E. Jones.

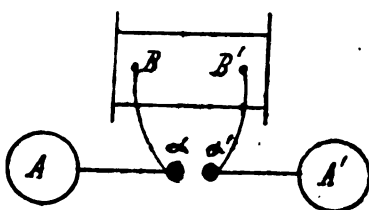


Fig. 2

ção de continuidade, limitada por duas pequenas esferas α e α' , cuja distancia se pôde fazer variar.

A cada uma destas esferas liga-se uma das extremidades B e B' do fio

induzido de um carrete de indução. As duas metades do excitador carregam-se uma positiva e outra negativamente, até que, sendo sufficiente a differença de potencial, salte entre ellas uma faísca.

A corrente, que se produz, é devida não só á neutralização das electricidades das duas esferas, mas tambem á corrente de descarga do carrete; que desempenha o duplo papel de carregar o excitador e de fazer desaparecer rapidamente a força contra-electro-motriz, que se oppõe ao restabelecimento do equilibrio.

A forte faísca, que salta entre as esferas α e α' , estabelece entre ellas durante um intervalo de tempo muito pequeno uma ligação de pouca resistência, através da qual a electricidade oscilla, como se o excitador estivesse isolado do carrete.

O tempo, que dura cada oscillação, calculado pela fórmula

$$T = 2 \pi \sqrt{C L},$$

suppondo de 15^{cm} o diâmetro das esferas A e A', e de 1^m,50 o comprimento do fio, que as separa, é de $1,77 \times 10^{-8}$ segundos.

E' conveniente obter oscillações tam rápidas para reduzir quanto possível o comprimento d'onda. Com effeito, sendo a velocidade de propagação dos ondas elcétricas igual á das ondas luminosas, isto é 300.000 chilómetros, se o periodo fôr igual a uma millésima de segundo, a fórmula $\lambda = V T$ dá para comprimento d'onda 300 chilómetros; para que este comprimenro se reduza a três metros, é facil de vêr, que seriam necessárias vibrações, cujo periodo não excedesse uma centésima millionésima do segundo.

Nas primeiras experiências, Hertz serviu-se de um carrete de indução, formando com as extremidades do fio induzido um interruptor de faíscas. Uma das extremidades deste interruptor ligava-se a um rectângulo conductor interrompido num dos lados em A B (fig. 3). A esphera A carrega-se primeiro, B em seguida,

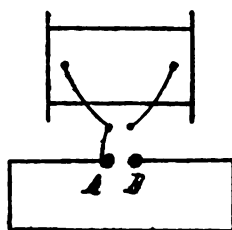


Fig. 3

e, apesar do pouco tempo que a etectricidade gasta em percorrer o rectângulo, a differença de potencial é sufficiente para que a faísca salte entre as duas esferas.

Hertz achou que o phenómeno depende da propria faísca do carrete, que podemos chamar faísca primária, reservando o nome de secundária para a que salta entre as esferas A e B.

Se a faísca primária salta entre duas pontas, entre uma ponta e um plano, ou entre uma ponta e uma esphera, as secundárias sam mais fracas.

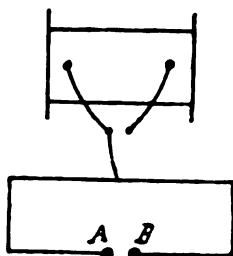


Fig. 4

Hertz empregou também a disposição indicada na fig. 4, reunindo uma das extremidades do fio induzido ao meio do lado do rectângulo opposto àquelle em que está o interruptor.

Neste caso, a corrente levando o mesmo tempo a percorrer as duas partes do rectângulo, o potencial deve ser igual em A e B, onde não devem saltar faíscas. A experiencia confirma este modo de ver. O ponto do rectângulo, que se deve ligar ao excitador para obter este resultado, foi chamado por Hertz *ponto nullo*.

Hertz supprimiu depois a comunicação entre o primeiro interruptor e o rectângulo, vendo ainda assim saltar faíscas entre as esferas deste aparelho. Estava descoberto um instrumento, que permite explorar o campo das descargas oscillatórias.

A experiencia mostra, que ha um tamanho do rectângulo para o qual a faísca é máxima; é o comprimento para o qual o tempo, que a onda gasta em percorrer o fio, é igual á duração duma oscillação simplez do vibrador.

Neste caso a impulsão augmenta com cada oscillação, e o rectângulo actúa como os resonadores acústicos. D'aqui o nome de *resonadores*, que se dá aosapparelhos, que servem para explorar o campo das correntes oscillatórias.

Funcionando bem o excitador, não é indispensavel o emprego de resonadores, porquanto se

pódem fazer saltar faíscas entre quaesquer pedaços de metal existentes na sala da experiência, como por exemplo entre chaves, moédas, tubos de canalizações, etc.

Devemos notar, que na producção de oscillações rápidas por meio do aparelho descripto actuam influências complexas, umas determinadas, outras desconhecidas e quasi caprichosas. Com alguma prática consegue-se saber pelo exame da faísca primária, se a secundária se produzirá ou não.

Provou-se nas experiências, que a faísca secundária depende não só da distância entre as esferas do excitador, do estado da sua superfície e das dimensões do carrete de inducção, mas que é principalmente influenciada pela cor da luz com que se illumina o aparelho, e pelo estado hygrométrico do ar.

Para dar ideia de influências notaveis não explicadas citaremos apenas o facto de fazer saltar a faísca, que até ahí sem motivo conhecido se não produzia, soprando levemente nas esferas de descarga.

5. Influência da luz. Durante as suas experiências sobre oscillações eléctricas Hertz (1) descobriu por acaso em 1887, que as faíscas secundárias são favorecidas pela approximação das que saltam entre os polos de um carrete de Ruhmkorff.

(1) Hertz, *On an effect of ultra-violet light upon the electric discharge*. *Electric Waves*, transl. by D. E. Jones, London and New-York Macmillan and CO.—1893, pag. 63.

Wied. Ann., tom. xxx, pag. 983.

Estes phenómenos tinham já sido observados por Nodon, que em 26 de junho de 1885 depositou na Academia das Sciências de Paris uma communição cerrada, em que se estabelecia com rigor a existência de alguns phenómenos deste género. Assim Nodon observou, que, expondo á luz um disco de metal bem isolado em communição com um electrómetro, elle se elctrizava positivamente se estava no estado neutro, ou que a carga diminue, se se achava electrizado negativamente; a acção é tanto mais sensível quanto mais abundante é a luz em raios de curto período, isto é em radiações ultravioletes. A experiência é principalmente notavel, quando se emprega um arco eléctrico produzido entre pontas de alumínio ou de zinco. A acção é nulla, quando a luz atravessa lâminas de vidro ou de mica; o quartzo é indifferente.

Na producção de oscillações reconheceu Hertz, que a acção das duas faíscas era recíproca, isto é, que tanto influe a faísca primária sobre o comprimento da secundária, como esta no comprimento daquella.

A acção da faísca activa irradia em todas as direcções em linha recta, concordando em tudo com as leis da propagação da luz.

Imaginemos collocados verticalmente os eixos de ambas as faíscas, e introduza-se pouco a pouco entre ellas uma lâmina vertical; a acção da faísca activa será interrompida subitamente, quando a lâmina tomar uma posição definida tal que, mirando o bordo da lâmina do logar da faísca secundária, a faísca activa esteja nessa posição occulta pelo diaphragma.

Introduzindo primeiro a lâmina entre as duas faíscas, e retirando-a depois lentamente, a faísca secundária reaparece, quando do sítio, onde ella salta, se torna visivel a primária, ao lado do bordo da lâmina.

Interpondo ás duas faíscas uma lâmina furada, vê-se, que a acção sómente se transmite, quando a faísca activa se póde observar do sítio occupado pela secundária; empregando várias lâminas furadas, a faísca secundária sómente se produz quando a luz da faísca activa, pela concordância de todos os buracos, póde incidir nas espheras da secundária.

Collocando um pequeno disco em qualquer posição defronte da faísca activa, acha-se, deslocando a faísca secundária, que o disco annulla a sua acção precisamente no espaço onde projecta sombra. Esta interrupção não é sómente produzida por corpos extranhos, mas até mesmo pela sombra das espheras da faísca secundária, como se demonstra collocando o eixo desta faísca perpendicularmente ao da faísca activa, o que interrompe a acção instantâneamente.

De differentes maneiras se comportam os diversos corpos em presença da acção da faísca activa. A maior parte dos sólidos, mas não todos, sam opacos para estas radiações.

Segundo Hertz, os metaes mesmo reduzidos a lâminas delgadas, bem como a paraffina, resina, ebonite e borracha, sam opacos; o mesmo diremos de toda a espécie de vidros, corados ou brancos, polidos ou despolidos, porcellana, madeira, cartão,

papel, marfim, coiro, ágata e principalmente da mica, opaca mesmo na delgadissima espessura das mais finas lâminas de clivagem.

Os corpos crystallizados comportam-se de várias maneiras; uns como o sulfato de cobre, o topázio e a amethysta, sam opacos; outros, como por exemplo o assucar crystallizado, o alumen, a calcite e a halite, transmittem a acção, diminuindo-lhe a intensidade; a selenite e o crystal de rocha sam completamente transparentes, quando em pequena espessura.

Hertz determinou a transparência dos differentes corpos, collocando a faísca secundária, quando tinha o comprimento máximo, a alguns centímetros da faísca activa; introduzindo entre ellas o corpo em experiência, a faísca secundária ou não desaparecia, e neste caso a transparência era perfeita, ou deixava de saltar, e o corpo era opaco.

Para determinar o grau de opacidade, approximavam-se os conductores até saltar novamente a faísca secundária, e junctava-se á lâmina já existente uma outra de um corpo opaco; se a faísca desaparece novamente o corpo em experiência é alguma coisa transparente, se a faísca não soffre alteração, conclue-se que o corpo é opaco.

A influencia dos corpos interpostos augmenta com a espessura, mas em geral, mesmo aquelles que sam semi-transparentes, exercem já a sua acção quando em lâminas delgadas.

Do mesmo modo os líquidos sam uns transparentes outros opacos.

A agua é transparente sendo insensível a acção exercida por uma camada de cinco centímetros de espessura; o acido sulfúrico, o alcool e o ether sam tambem transparentes quando em camadas finas.

Os acidos chlorhydrico e azótico, e o amoniaco sam semi-transparentes.

A paraffina fundida, o petróleo, o sulfureto de carbono, e as soluções de sulfureto de ammónio, ou fortemente coradas taes como as de fuchsina e permanganato de potássio, sam quasi opacas.

As soluções salinas comportam-se tambem diversamente.

Nas experiencias de Hertz diluam-se gotta a gotta as soluções saturadas em um vaso de um centimetro de espessura contendo agua destillada.

Poucas, ou uma só gotta das soluções de alguns saes, taes como nitrato de mercúrio, hyposulfito de sódio, brometo e iodeto potássio, sam sufficientes para extinguir a faísca secundária. As soluções dos saes de ferro e cobre produzem a mesma acção, ainda antes de se poder observar qualquer coloração no líquido interposto ás faíscas.

As soluções de sal amoniaco, sulfato de zinco e sal commum (1) só em grandes quantidades exercem acção sensível.

Os sulfatos de sódio, potássio e magnésio sam transparentes mesmo em soluções concentradas.

(1) Hertz chama a attenção para o facto realmente curioso de resultar das suas experiencias, que as soluções concentradas de sal commum têm um poder absorvente superior ao das soluções concentradas de halite.

Resulta das experiências, que a maior parte dos gases transmite a acção, mesmo quando se opera com camadas espessas.

Entre as transparências do ar, hydrogénio e anhydrido carbónico não ha differença sensível, ao passo que a introduccção de uma camada de óxydo de carbono com um centímetro de espessura é sufficiente para extinguir a faísca secundária; acção análoga é produzida pelos vapores de ácido azotoso.

Os gases e vapores côrados, taes como o chloro, bromo e iode, absorvem parcialmente as radiações, mas a sua acção não é proporcional á opacidade; um tubo contendo vapor de bromo em quantidade sufficiente para que a luz da faísca primária fosse apenas perceptível, quando observada através deste vapor, não interrompia a faísca secundária, diminuindo-lhe apenas o comprimento.

A intensidade da acção augmenta quando se rarefaz o ar em torno da faísca secundária, o que Hertz verificou fazendo-a saltar debaixo da campánula de uma bomba pneumática. Uma lâmina de quartzo engastada na campánula permittia que a acção da faísca primária se exercesse na secundária.

Nem todas as partes da faísca primária participam igualmente da acção, que é mais sensível nas proximidades dos polos, principalmente do negativo. Com effeito encobrendo o ánodo, tendo a faísca um ou dois centímetros, é insensível a diminuição do comprimento da faísca secundária, que pelo contrario quasi se annulla, quando o cáthodo é encoberto por um diaphragma.

E. Wiedmann e H. Ebert (1) demonstráram, pouco tempo depois destas experiências d'Hertz, que a acção da luz sòmente affecta a superficie do polo negativo.

A acção da fâsca primária reflecte-se nas superficies polidas, seguindo as leis da reflexão da luz. Introduzindo entre as duas fâscas uma folha de papelão atravessado por um cylindro de vidro, cuja superficie interior constituía um espelho, a fâsca secundária sòmente saltava quando através do cylindro recebia luz da primária, e notou-se que a acção era mais enérgica do que quando o espelho se não empregava. Esta differença mostra claramente a acção da parede do cylindro.

Passando do ar para um meio sólido transparente, a acção da fâsca primária refracta-se como a luz, mas mais energicamente.

Introduzindo entre o cylindro e a fâsca secundária um prisma de quartzo, vê-se, que apesar da sua transparência, a fâsca secundária se interrompe immediatamente, para só apparecer em certas posições, quando o aparelho se desloca para a base do prisma.

Mirando o tubo através do prisma, do ponto em que a acção é máxima, não se exergam nem o interior do tubo nem a fâsca primária; para que esta se possa vêr é necessário deslocar bastante o olho na direcção do ponto préviamente occupado pela fâsca secundária. Hertz verificou assim, que a acção da fâsca primária se achava

(1) *Wied., Ann.*, tom. xxxm, pag. 241.

localizada na região ultravioleta do espectro, o que em grande parte é confirmado pela opacidade do vidro e da mica, que são somente transparentes para as radiações luminosas, e pela transparência da água e do quartzo, que se deixam atravessar pelas radiações ultravioletas.

A suposição de que a acção da fásca primária sobre a secundária é devida á acção da luz, é ainda confirmada pela possibilidade de obter o mesmo effeito empregando várias fontes luminosas, embora elle seja mais enérgico quando a luz é produzida pela fásca de um carrete de indução.

Imaginemos um carrete de indução entre cujos polos salte a fásca; afastando-os sufficientemente para que a distância explosiva seja excedida, vêr-se-ha que a fásca reaparece quando delles se approxime a chamma de uma vella. Esta acção, que pode ser attribuída ao aquecimento do ar, demonstra-se que é devida a radiações de certo período por ser interrompida por uma pequena palheta de mica, ao passo que não é alterada pela interposição de uma lâmina grande de quartzo.

As chammas do gaz, madeira, benzina, etc. produzem o mesmo effeito.

As chammas incolores do álcool e do bico de Bunsen são também activas, o que concorda com a observação feita na chamma das velas, em que a parte inferior e menos luminosa é mais activa do que a superior.

A chamma do hydrogénio, bem como a luz da platina aquecida ao rubro-branco, do phosphoro,

sódio, ou potássio inflammados sam completamente inactivas.

A luz do magnésio e a luz Drumond têm uma acção pouco enérgica, parecendo mesmo, que nesta última o effeito é principalmente devido á luz do gaz inflammado.

A acção da luz solár não poude ser bem apreciada por Hertz, que attribue os effeitos obtidos á elevação de temperatura produzida pela concentração da luz por lentes de quartzo ou de vidro, empregadas nestas experiências.

De todas as origens luminosas a que tem uma acção mais enérgica é sem dúvida o arco de incandescência. Esta luz presta-se á demonstração de que a parte violeta menos luminosa é a mais enérgica, isolando os differentes fascículos de radiações por meio de um diaphragma fendido.

O fascículo assim limitado, pode fazer-se reflectir ou refractar e presta-se admiravelmente para o estudo da transparência dos differentes corpos.

A. Stoletow (1) fez tambem várias experiências no intuito de reconhecer a influencia da luz sobre os phenómenos eléctricos.

Operando no ar, á pressão ordinária, empregou dois discos metállicos parallelos, dispostos verticalmente em frente de um arco de incandescência. O disco mais próximo da origem luminosa é formado por uma rede de fios metállicos através de cujas malhas se illuminava o outro disco massivo.

(1) A. Stoletow, *C. R.*, tom. cvi, pag. 1149, 1593, tom. cvii pag. 91, cviii pag. 1241.

Journal de Physique, 2^{me} serie, tom. ix, pag. 468 e 535.

Ligava-se a rede ao pólo positivo de uma pilha, e o prato ao pólo negativo, ao mesmo tempo que no circuito, interrompido por uma camada d'ar, se intercalava um galvanómetro de Thomson.

Desde que este systema é illuminado pelo arco eléctrico, o galvanómetro soffre um desvio permanente, voltando a occupar a posição primitiva sòmente quando entre a fonte luminosa e os pratos se interpõe um corpo opaco; a interposição de uma lâmina de quartzo enfraquece levemente a corrente.

Invertendo os polos da pilha, o desvio do galvanómetro é insignificante (1).

Este aparelho de Stoletow foi modificado de maneira a poder estudar-se as correntes actino-eléctricas nos diferentes gases e vapores, debaixo de pressões variaveis.

O novo aparelho consiste numa caixa cylíndrica de vidro, coberta com gomma laca, fechada em um dos lados por uma lâmina de quartzo, e no outro por uma peça de metál em que se move um parafuso mierométrico. Este parafuso faz deslocar uma chapa de latão prateado, que constitue a armadura negativa. A positiva á constituída pelo quartzo, que é prateado na face interna, e riscado á láia das redes de difracção.

Com esta disposição achou Stoletow, que, como Hertz o previra, a acção é mais activa nos gases rarefeitos, sendo máxima quando a pressão é egual a 3 ou 4 millímetros de mercúrio.

(1) Esta observação é contradictada pelo professor A. Righi, *C. R.*, tom. cvi, pag. 1349.

Os raios de pequeno comprimento d'onda ($\lambda < 295.10^{-6} \text{ mm}$) são os únicos, que intervêm no phenomeno; a acção do arco eléctrico augmenta sensivelmente quando a fálscia se faz saltar entre pontas de alumínio ou em geral entre pontas dos metaes mais eléctro-positivos da série de Volta.

A condição essencial do phenomeno é a absorpção das radiações pela superficie contínua; uma camada d'água sobre a superficie do eléctrodo negativo annulla por completo a acção, ao passo que uma solução de fuchsina a augmenta na relação de 1 para 1,5, a de violete de methylo de 1 para 2,5 e a de verde de methylo de 1 para mais de 3, em relação á superficie metálica não alterada.

Mas ao fim de certo tempo todas estas superficies soffrem um *cançasso*, quando se prolonga a acção da luz do arco.

Bichat e Blondlot (1) modificáram estas disposições substituindo ao eléctrodo negativo uma lámina líquida, obtida pelo escoamento de uma camada d'água á superficie de uma lámina de vidro quasi vertical.

Illuminando esta superficie, através da rede metálica, o galvanómetro não soffre o menor desvio.

Com o fim de evitar o erro, que podia provir do movimento do líquido, foi esta experiência repetida illuminando através da rede metálica

(1) Bichat et Blondlot, *C. R.*, tom. cvi, pag. 1349.

uma porção de agua contida numa cuveta. O resultado foi o mesmo.

Suppondo que o desaparecimento do phenómeno, quando a lámina d'agua substitue a lámina metálica, podia provir da differença entre as propriedades absorventes dos dois corpos, Bichat e Blondlot repetiram as primitivas experiências de Stoletow, interpondo no tracto das radiações uma lámina d'agua corrente, o que em nada affecta o desvio do galvanómetro. D'aqui se conclue ser completa a transparência da agua para as radiações efficazes, e que estas radiações não sam as caloríficas, pois que a lámina d'agua absorve mais de metade do calor incidente.

Borgman, substituindo a rede metálica por um disco furado animado de um movimento rápido de rotação, demonstrou, que a acção da luz não é instantânea, e que a duração da illuminação representa um papel importante na producção do phenómeno.

Illuminando o botão de um electrómetro de folhas d'ouro com raios ultravioletes, a carga perde-se lentamente e as folhas cahem pouco a pouco.

Este phenómeno descoberto por Hallwachs (1), que o suppôs particular ás cargas negativas, tem tambem logar, como demonstrou Branly (2) quando o electrómetro se acha carregado positivamente.

(1) Hallwachs, *Wied. Ann.*, tom. xxxiii, pag. 241, tom. xxxv, pag. 209.

(2) Branly, *Seances de la Société française de physique*, 3 de julho de 1891.

Fundando-se na propriedade dos raios ultravioletes de produzirem electricidade quando incidem sobre algumas substâncias sensíveis, têm-se construído alguns modelos de pilhas, como por exemplo a descripta pelo professor George Minchin (1).

Fazendo a theoria dos phenómenos actinoelétricos, principalmente na explicação da descarga dos corpos electrizados, tem-se supposto, que esta acção é principalmente devida á propriedade que têm os raios ultravioletes de pulverizarem algumas substâncias, cujas particulas ao separarem-se da superficie levariam consigo a electricidade.

Lenard e Wolf (2), expondo á acção da luz ultravioleta uma folha fina d'ouro, viram que a superficie illuminada se tornára rugosa.

Para demonstrar directamente a existência do pó metálico empregaram o processo de Aitken e von Helmholtz, que permite pela condensação de um vapor determinar a existência de pequenissimas porções de poeiras em um espaço limitado.

Lenard e Wolf encerraram a chapa metálica, em communicação com um electrómetro e com uma pilha, em uma caixa fechada na parte anterior por uma parede de zinco, onde se achava engastada uma lente de quartzo. Um tubo penetrando na caixa pela parte inferior permittia a introduccção do vapor, que era illuminado e observado por

(1) *Revue Générale des Sciences*, tom. 1, pag. 339.

(2) *Revue Générale des Sciences*, tom. 1, pag. 695.

algumas janellas convenientemente dispostas nas paredes da caixa.

A lâmina metálica era illuminada pela luz de um arco de incandescência situado em frente da lente de quartzo.

Alguns metaes, particularmente o cobre, apresentam uma pulverização pronunciada, mesmo quando estão no estado neutro; outros, como o zinco e chumbo, são somente atacados quando electrizados negativamente.

Empregando lâminas de pequenas dimensões era possível seguir as partículas metálicas, que abandonam normalmente a superfície illuminada, para se precipitarem nos pontos obscuros da mesma lâmina.

A velocidade da descarga e a quantidade de poeiras são proporcionaes.

Esta hypóthese não é comtudo sufficiente para explicar todos os phenómenos actinoeléctricos. Por outro lado a acção dos raios X, que têm a propriedade de descarregar os corpos electrizados, não só quando nelles incidem, mas também quando apenas cortam as linhas de força do campo em que se acham, leva a crer, que além do phenómeno de convecção se produz pela acção d'estas radiações uma verdadeira ionização do gaz em que o corpo está mergulhado.

Esta hypóthese é em parte confirmada pelas experiências de Arrhenius (1), que achou, que

(1) *Wied. Ann.*, tom. xxxii, pag. 545, e xxxiii, pag. 638.

alguns gases se tornam conductores, quando illuminados.

6. Experiências de Lodge (1). O professor Oliver Lodge, servindo-se de condensadores, realizou algumas experiências no género das de Hertz.

Ligando os dois ramos de um excitador por um fio de cobre coberto de seda, dobrado muitas vezes sobre si mesmo, vêem-se saltar faíscas não só nos pontos de ligação, mas também em todos aquelles em que os anneis de fio se cruzam, quando com o instrumento assim arranjado se descarrega uma garrafa ou bateria de Leyde.

Ligando uma das armaduras de uma garrafa de Leyde, a interior por exemplo, com um dos polos de uma máquina de Holtz, estando a outra armadura em comunicação com o segundo polo por meio de um fio conductor muito comprido, cada vez que salta a faísca entre os polos da máquina, vêem-se igualmente saltar faíscas entre as armaduras do condensador, como se a garrafa trasbordasse.

Lodge construiu também um oscillador, que consiste essencialmente numa esphera collocada entre os botões de duas garrafas de Leyde, electricamente ligadas aos pólos de um poderoso carrete de Rhumkorff. As faíscas, que saltam entre a esphera e as garrafas, carregam e descarregam

(1) Lodge, *Modern views of electricity*. London, 1892.
The work of Hertz and some of his successors, 2ª edition.

alternativamente aquelle conductor; as oscillações, que se produzem, excitam ondulações, que se propagam no ambiente. As garrafas pôdem conservar-se isoladas ou com as armaduras exteriores em communicação.

O primitivo resonador de Lodge era constituído por um conductor de fôrma analoga á do excitador, em communicação com o sólo, donde se tiravam faíscas com a ponta de um canivete que, delle se approximava com a mão.

Mais tarde este resonador foi substituído por uma série de seis cylindros de cobre de 40 centímetros de comprido, e com 14, 13, 12, 11, 10 e 9 centímetros de diâmetro, cada um dos quaes entra em vibração quando impressionado por ondulações de determinado comprimento d'onda.

A este aparelho deu Lodge o nome de *retina eléctrica*.

Com uma lente dieléctrica de resina ou paraffina situada em frente deste aparelho constituc-se o *olho eléctrico*.

7. Experiências de Righi (1). Hertz, e os physicos que repetiram as suas experiências, não conseguiram obter ondas eléctricas com menos de 66 centímetros de comprimento, comprimento d'onda

(1) A. Righi, *Sulle oscillazioni elettriche á piccola lunghezza d'onda e sul loro impiego nella produzione di fenomeni analoghi ai principali fenomeni dell'ottica*.

L'ottica delle oscillazioni elettriche, Bologna, 1897.

Journal de Physique, 3^{me} serie, tom. v, pag. 35.

que ha poucos annos ainda era posto em dúvida por alguns auctores (1).

Estes comprimentos eram exageradamente grandes, principalmente quando com as radia es eléctricas se pretendiam repetir as experiências de óptica, com o fim de verificar a theoria de Maxwell.

Righi, diminu ndo a capacidade e o coe iciente de inducção própria do oscillador, conseguiu obter ondas eléctricas de 2^{cm},5 de comprimento.

O oscillador era constituído apenas por duas espheras metálicas de poucos centímetros de diâmetro, muito próximas uma da outra.

O effeito produzido por este aparelho era insignificante, mas este inconveniente remediou-se aproveitando a id a de Sarasin e de la Rive (2) de fazer saltar a f sca do oscillador em um líquido isolador, o que augmenta extraordinariamente a acção.

Os líquidos empregados pelos primeiros experimentadores foram o azeite, a essência de therebintina e o petróleo, aos quaes Righi preferiu o óleo de vaselina.

O emprego do dieléctrico líquido tem tambem a vantagem de conservar limpas por muito tempo as superficies das espheras do interruptor, que, func ionando no ar, se alteram rapidamente, necessitando por isso de serem polidas repetidas vezes. Deste modo p de ter-se um oscillador func ionando muito regularmente durante um largo espaço de tempo.

(1) *Revue Générale des Sciences*, tom. I, pag. 141.

(2) Sarasin et de la Rive, *C. R.*, tom. cxv, pag. 439.

Outra modificação de Righi é a substituição do carrete de indução por uma máquina de Holtz de quatro discos com conductores diametraes.

A máquina é privada dos condensadores, e os conductores principaes sam ligados por conductores flexiveis, introduzidos em cylindros isoladores, a duas esferas situadas em linha recta com as do oscillador.

Esta disposição é differente da de Toepler, que precedeu Righi na substituição do carrete por uma máquina d'indução.

Enquanto a máquina funciona, vêem-se saltar tres faíscas: duas nas esferas que communicam com a máquina, e uma no líquido isolador. Como a máquina fornece um grande fluxo de electricidade, as tres faíscas renovam-se com tal frequência, que parecem á nossa vista constituir um phenomeno luminoso contínuo.

Os primeiros oscilladores, que Righi empregou eram verticaes, isto é, as quatro esferas tinham os centros na mesma vertical.

As esferas do meio, que constituíam propriamente o oscillador, eram selladas nas aberturas menores de dois vasos tronco-cónicos, obtidos cortando convenientemente dois funis de vidro; o espaço comprehendido entre estes vasos, que se podia fazer variar por meio de um parafuso, enchia-se com vaselina.

Esta disposição tinha vários inconvenientes, entre outros o de não se poder alterar a direcção do oscillador.

Nos novos modelos as esferas A e B (fig. 4),

estam fixas no centro de grossos discos de madeira, ou de vidro, ou ainda melhor d'ebonite, C D, E F, que formam as bases de um reservatório cylíndrico de paredes flexiveis.

Uma abertura G, praticada num dos discos,

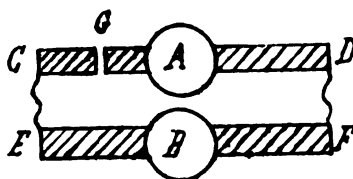


Fig. 5

permitte encher o recipiente com óleo de vaselina, e ao mesmo tempo dá saída aos gases produzidos pela faísca.

Righi na maioria das suas experiencias, colloca este oscillador num espelho cylíndrico de secção parabólica, cuja linha focal coincide com o eixo de oscillação.

Entre outras observações interessantes, como a relação entre a intensidade das oscillações e a distância entre as esferas A e B, notou ainda este observador, que a efficácia das oscillações é sensivelmente maior quando no oscillador se empregam esferas massiças em vez das ôccas com o mesmo diâmetro exterior; a acção é tanto mais enérgica, quanto mais espessa é a camada metálica de que a esfera é formada.

Variadíssimos sam os modelos de resonadores, que se têm construído, e os meios, que se têm proposto, para tornar manifesta a existência das oscillações eléctricas.

Ora se têm tornado mais volumosas e luminosas as pequenas faíscas dos resonadores d'Hertz, por meio de um tubo com gaz rarefeito, com ou sem eléctrodos auxiliares em communicação com uma

fonte de electricidade; ora se mostra a existência de oscillações recorrendo aos elementos thermo-eléctricos, ao bolómetro, ao electrosκόpio ou ao galvanómetro ligado com uma pilha eléctrica, etc.

Todos estes processos, uteis para demonstrações, são pouco cómodos para as experiencias mais rigorosas.

Righi, conservando o processo original d'Hertz de empregar as faíscas para demonstrar a existência das oscillações, tornou-as mais brilhantes fazendo-as saltar á superficie do vidro, pois, como se sabe, embora este phenomeno não tenha explicação satisfactoria, para eguaes diferenças de potencial, obtêm-se faíscas maiores á superficie dos isoladores do que no ar livre.

O resonador de Righi compõe-se essencialmente de uma lámina de vidro prateada em parte da sua superficie. A interrupção para as faíscas obtém-se pondo a nú o vidro, por meio de uma risca fina traçada a meio da superficie prateada,

A sensibilidade do resonador cresce quando diminue a espessura do traço; se este fôr feito com a ponta de um diamante de modo a não ter mais de 2^ª de largura, a sensibilidade torna-se realmente extraordinária. Augmenta-se a visibilidade das faíscas repetindo os traços na mesma lámina de vidro.

Com o uso, a sensibilidade dos resonadores diminue gradualmente até se annullar por completo. Observando ao microscópio o traço dos resonadores de Righi, nota-se, que os bordos da superficie metálica, ao princípio perfeitamente rectilíneos, se

afastam e denteam com o uso, o que explica a diminuição de sensibilidade.

Este defeito não constitue inconveniente para o emprego de taes resonadores, facilmente substituíveis em vista da sua barateza e simplicidade de construcção.

Em vez das superficies prateadas pôdem empregar-se lâminas de espelho ordinário.

Os resonadores pôdem, como os oscilladores, ser collocados na linha focal de um espelho parabólico. Facilita-se neste caso a observação das faíscas abrindo na superficie reflectora, por detrás do resonador, uma janella em que se pôde excaixar uma lente ou a objectiva de um microscópio.

O aparelho assim montado é empregado em muitas experiências, como por exemplo na determinação do azimúth das oscillações, que chegam ao resonador; do valor da intensidade da radiação; da direcção de um raio de força eléctrica; no estudo das vibrações ellípticas e circulares, etc.

Casos ha porém em que se torna impossivel o emprego dos reflectores, taes como os estudos das interferências e da difracção; mas para estas experiências é sufficiente a sensibilidade da símplez lâmina de vidro prateado.

S. Experiências de Nicolau Tesla (1). Nicolau Tesla nasceu em 1857 em Smiljan na Hungria

(1) Thomas Commerford Martin, *The inventions, researches and writings of Nikola Tesla*, New York, 1894.

oriental, sendo filho de um sacerdote orthodoxo.

Graduou-se em 1873, e, escapando a um ataque de chólera, dedicou-se desde logo aos estudos da electricidade e magnetismo. Fez depois em Gratz os estudos de engenharia, donde passou a Buda-Pesth, associando-se ahi com Puskos, com o fim de explorar a instalação de telephónios na Hungria.

Desejoso de encontrar um campo mais vasto, onde podesse exercer a sua actividade, procurou e obteve emprego numa das grandes companhias, que em Paris exploravam a nova indústria da illuminação eléctrica.

Neste novo meio encontrou-se com diferentes americanos, dos quaes soube as protecções e vantagens, que nos Estados-Unidos se concedem aos inventores bastante felizes para obterem novos resultados verdadeiramente úteis, qualquer que seja o ramo da sciência a que se dediquem.

Arrastado pelo seu espirito irrequieto e pelo desejo de fazer fortuna, abandonou os interesses que tinha em Paris, dirigindo-se a New-York, onde ao princípio ficou empregado na casa Edison, por cujo director Tesla havia muito sentia uma verdadeira admiração.

As suas aptidões naturaes, manifestadas nos aperfeiçoamentos dos telephónios em Buda-Pesth

Naturwissenschaftliche Rundschau, tom. ix, pag. 4, 17, 29.

Revue Générale des Sciences, tom. iv, pag. 209.

Etienne de Fodor, *Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz*. Wien. Pest. Leipzig. Hartleben's Verlag. 1894.

e nas modificações importantes introduzidas nos transformadores da companhia parisiense, foram por assim dizer sobreexcitadas pela actividade do novo meio em que vivia.

Pouco depois de estar na América abandonou Edison, para dirigir uma companhia, que tinha por fim explorar um novo systema de illuminação pelo arco voltaico, fundado nas suas invenções.

Durante este tempo dedicou-se sempre com afincio ao estudo dos motores e das correntes alternativas. Taes foram os resultados obtidos, que Nicolau Tesla é hoje conhecido e respeitado em todo o mundo scientifico, ao mesmo tempo que na sua pátria adoptiva quasi disputa a Edison a popularidade do nome.

As noticias dos seus inventos encontram-se dispersas em revistas, nos resumos das conferencias de New-York (1891), Londres (1892), S. Louis e Philadélphia (1893), e nos livros citados: *Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz*, por Etienne de Fodor, director da Estação central eléctrica central d'Athenas, e *Inventions, researches and writings of Nikola Tesla*, por Thomas Commerford Martin.

A attenção de Tesla foi principalmente dirigida no intuito de obter altas frequências e altos potenciaes. Para isso empregou primeiramente máquinas baseadas no principio das máquinas ordinárias de correntes alternativas, mas distinguindo-se dellas pelo grande número de carretes empregados na sua construção.

Um dos typos dos geradores de correntes alter-

nativas consiste num anel de ferro forjado munido interiormente de 384 dentes, em torno dos quaes, como nos carretes, se enrola em zig-zag um fio isolado. Passando por elle uma corrente, todos os dentes se magnetizam, formando-se alternadamente nas suas extremidades pólos norte e sul.

Dentro deste anel gyra muito rapidamente um disco d'aço, ao qual se fixa um arco de ferro forjado, que tem implantados a eguaes distâncias, 484 carretes, que formam a armadura interna.

A corrente gerada na armadura, circula nos dentes do anel exterior, e, continuando a mover-se nos carretes diante dos dentes magnetizados, origina uma corrente alternativa, que é transmittida ao eixo por molas metálicas apropriadas.

Com grandes velocidades de rotação pôde esta máquina fornecer correntes, que mudam de direcção 10.000 vezes por segundo. Como este número é insufficiente para obter, em ponto grande, os phenomenos característicos das descargas electrostáticas, Tesla tratou de obter oscillações mais rápidas servindo-se da descarga de condensadores.

Uma das suas disposições consiste em fazer atravessar o circuito primário de um carrete de Rhumkorff pela corrente fornecida por uma máquina de correntes alternativas.

Os polos do circuito secundário do mesmo carrete ligam-se ás armaduras internas de duas garrafas de Leyde, cujas armaduras externas communicam por sua vez com o fio primário de um outro carrete de indução.

Este segundo carrete, *transformador d'alta tensão*, consiste em um fio longo e fino enrolado num cylindro de vidro, cujo eixo é occupado por outro fio curto e grosso, que serve de circuito inductor.

O circuito induzido do carrete de Rhumkorff produz entre as esferas dos seus polos um arco, periodicamente interrompido por uma corrente d'ar, que se estabelece entre as esferas, corrente que é favorecida por duas lâminas de mica, que a ellas estão ligadas.

As vezes que este arco se interrompe, os condensadores carregam-se e descarregam-se alternadamente através do fio inductor do transformador de alta tensão, que é interrompido ao meio.

Devido ás oscillações das descargas, nascem no circuito secundário deste transformador correntes d'alta tensão, que produzem nas esferas que formam os seus polos, faíscas comparaveis em comprimento ás das máquinas electro-estáticas d'influência.

Na produção d'estas correntes d'alta frequência apparecem difficuldades, que Tesla procurou evitar por meio de disposições especiaes.

Se o gerador de correntes alternativas fôr poderoso, a faísca formará entre as duas esferas do interruptor um arco luminoso permanente, que depressa se fundirá. Tesla evitou este inconveniente soprando a faísca com fortes correntes d'ar, que, ao mesmo tempo que arrefecem as esferas, interrompem o arco periodicamente. As esferas podem tambem ser protegidas por um

electro-magnete, com os polos defendidos por lâminas de mica, que se colloca transversalmente á fálscia; deste modo na fálscia, que salta entre os dois polos, separam-se as electricidades contrárias, tendo logar sem perturbação a descarga dos condensadores.

A construcção do transformador d'alta tensão precisa tambem de cuidados especiaes, porque com a construcção ordinária as enormes tensões obtidas destruiriam rapidamente o apparelho.

Uma das maiores difficuldades da construcção consiste em obter um isolamento perfeito das diversas partes do transformador, sem augmentar despropositadamente as suas dimensões. Se no isolador existirem bolhas d'ar, a descarga, actuando pelo bombardeamento molecular do gaz, pode aquecer e fundir camadas de alguns centímetros d'espessura dos melhores isoladores, taes como o vidro, a porcelana e borracha.

Em geral mostra a experiência, que os corpos que possuem maior poder inductor específico, como o vidro, produzem uma isolação menos perfeita do que aquelles, que como os óleos o têm menor.

Approveitando esta propriedade, isolou Tesla o seu transformador mergulhando-o numa caixa de madeira cheia d'óleo de vaselina ou de óleo de máquinas; as paredes externas da caixa sam revestidas com folhas de zinco em communicação com o sólo.

O transformador é formado por dois cylindros de cauchú endurecido, em que se enrola, formando 26 camadas, fio de cobre bem isolado.

Este fio, que constitue o circuito induzido, enrola-se nos dois cylindros em sentido contrário; as duas metades ligam-se em série, fazendo-se a ligação sobre o circuito primário.

Esta disposição tem por fim compensar as acções inductoras, diminuindo assim o perigo da ruptura do circuito primário e das hélices secundárias.

O fio primário, dividido em duas partes, é enrolado também em sentido contrário sobre um cylindro de madeira, e as suas quatro extremidades, isoladas em tubos de borracha endurecida, excedem na parte superior o nível do óleo. As extremidades do circuito secundário excedem também, igualmente isoladas, o nível do líquido isolador.

Para aperfeiçoar o isolamento todas as peças, que formam o transformador, são fervidas em óleo de paraffina, antes e depois da construção do aparelho.

Para evitar os effeitos luminosos, que sempre apparecem na parte exterior da camada isoladora, e trazem grande perda d'energia, Tesla revestiu esta camada de uma folha delgada de alumínio, com o auxilio da qual o isolador e o fio constituem um campo eléctrico completamente separado do ambiente.

O transformador de Tesla distingue-se ainda dos seus congéneres pela ausência de ferro, cuja magnetização não acompanharia oscillações tão frequentes, e que pelo rápido aquecimento impediria o regular funcionamento do aparelho.

Outras disposições experimentaes se têm empregado com o fim de produzir ondas eléctricas,

mas todas ellas, como as de Sarasin e de la Rive, sam ligeiras modificações de qualquer dos tres typos deapparelhos de Hertz, Righi e Tesla, que deixamos descriptos, e por isso nos dispensamos de lhes fazer especial referéncia.

CAPITULO II

PROPAGAÇÃO DAS OSCILLAÇÕES

1. Não sendo possível medir o período de um oscillador, determina-se experimentalmente o seu valor empregando métodos indirectos.

Um dos processos mais usados funda-se no phenomeno conhecido pelo nome de *resonância eléctrica*.

Imaginemos um excitador fixo, e um resonador cujas dimensões ou capacidade se possam fazer variar; a intensidade da fásca, que salta no interruptor, varia tambem, sendo máxima para um determinado valor da capacidade. Neste caso diz-se, que ha resonância, por serem eguaes os períodos do resonador e do excitador.

Para comparar os períodos de dois excitadores, procuram-se numa série de resonadores semelhantes de diferentes dimensões, dois que estejam em accordo com os excitadores. Os períodos estam entre si como os comprimentos dos resonadores.

A resonância eléctrica differe da resonância acústica em não se poder determinar com precisão um máximo na intensidade da resonância.

Sarasin e de la Rive (1) explicam este phenomeno suppondo, que o excitador produz uma vibração complexa, em que cada resonador encontra o próprio período de vibração; Hertz e Poincaré (2) supõem, que a vibração, partindo do excitador, amortece muito rapidamente quando encontra o resonador, de modo que depois de cessar a vibração do excitador, continúa o resonador a vibrar com o período próprio.

Sarasin e de la Rive propozeram o nome de *resonância múltipla* para esta propriedade, que têm as vibrações produzidas por um excitador, de fazer saltar faíscas em todos os resonadores, cujos períodos estejam comprehendidos dentro de certos limites, chegando mesmo a verificar (3) em resonadores, cujos diâmetros variavam entre 0^m,36 e 1^m, que o entre-nó por elles revelado é sensivelmente proporcional ao diâmetro do resonador.

Garbasso (4) foi dos primeiros que fez experiências, com o fim de verificar qual das hypotheses é a mais acceitavel.

Se o excitador emite uma só espécie de oscillações, devem ellas deixar de se propagar quando fôrem absorvidos os raios de comprimento d'onda

(1) Sarasin et de la Rive, *C. R.*, tom. cx, pag. 72.

(2) Poincaré, *Les oscillations Eléctriques*, pag. 105 a 123. *Electricité et Optique*, tom. II, pag. 249.

(3) Sarasin et de la Rive, *Journal de Physique*, 2^{me} serie, tom. IX, pag. 494.

Archives de Genève, tom. XXIII, pag. 113.

(4) Garbasso, *Atti della R. Acad. delli Sci. di Torino*, tom. XXVIII.

correspondente; mas, se as oscillações têm vários comprimentos d'onda, absorvida uma, as outras continuarão a propagar-se e poderão tornar-se visíveis por qualquer dos processos conhecidos.

Garbasso serviu-se de um excitador d'Hertz collocado na linha focal de um espelho cylindro-parabólico, e de dois resonadores quadrados: um A, de fio de cobre com $0^{\text{cm}},25$ de espessura e 15^{cm} de lado, outro B, também de fio de cobre de $0^{\text{cm}},07$ de espessura e com o comprimento total de 16^{cm} .

Sobre uma pequena mēsa com a largura da abertura do espelho estavam nove resonadores eguaes a A dispostos em tres séries.

Collocando o resonador A em frente do espelho a uma distância de dois metros, viam-se saltar distinctamente as faíscas secundárias; interpondo a mēsa com os resonadores, estas faíscas enfraquecem, para retomarem a intensidade primitiva quando, pelo afastamento das respectivas espheras, se tornam inactivos os resonadores da mēsa.

Parece assim, que os resonadores semelhantes a A absorvem a energia capaz de nelles despertar as vibrações.

Se em vez de A se empregar o resonador B, collocando-o a menos de um metro de distância do espelho, observam-se faíscas fracas e difficilmente visíveis, que não soffrem alteração pela interposição da mēsa, quer os seus resonadores estejam activos ou inactivos, o que mostra que a energia, que excita as vibrações no resonador A, não representa toda a energia do excitador.

Esta conclusão concorda, como se vê, com as ideias de Sarasin e de la Rive.

A circunstância de exercerem os resonadores uma absorpção electiva sobre as ondas dos excitadores levou Garbasso a pensar que as observações d'Hertz sobre as acções das redes metálicas eram apenas phenomenos d'absorpção: uma rede absorve uma dada vibração quando cada um dos seus fios com o espaço intermédio forma um resonador, cujo comprimento d'onda próprio seja igual ao da vibração, que a rede absorve.

Para verificar esta presumpção empregavam-se duas redes, em que as extremidades de cada fio eram munidas de dois discos de zinco de capacidade determinada.

As duas redes sòmente differiam pelos discos, que na rede R_1 eram tres vezes maiores em diâmetro do que na rede R_2 .

Os fios tinham 14^{cm} de comprimento e $0^{\text{cm}},14$ de espessura, distando 3^{cm} uns dos outros; os discos de R_1 tinham 6^{cm} de diâmetro. Collocando a rede R_1 entre o excitador e o resonador A, este conservava-se inactivo, enquanto que o comprimento das suas faíscas não era alterado pela interposição da rede R_2 .

Qualquer das redes fazia interromper as faíscas do resonador B.

As faíscas de um outro resonador circular de 20^{cm} de diâmetro, embora menos vivas do que as do resonador A, não eram alteradas pela rede R_1 .

Destas experiências conclue Garbasso:

α) um excitador produz ondas de diferentes comprimentos;

β) um resonador absorve as ondas, cujos comprimentos são eguaes aos que lhe correspondem pela theoria, e só essas;

γ) uma rede é uma série de resonadores, e como estes absorve certas ondas, deixando passar as outras.

Bjerkness (1), estudando o phenómeno da ressonância múltipla, achou que tanto a hypóthese de Hertz como a de Sarasin não explicam o phenómeno em toda a generalidade. As suas fórmulas levam a distinguir tres casos diferentes segundo os valores relativos dos amortecimentos do resonador e do excitador:

1.º Se o amortecimento do resonador é pequeno em relação ao do oscillador, verifica-se a lei de Sarasin e de la Rive.

2.º Se os amortecimentos são proximamente eguaes, observa-se um phenómeno complicado, pela influencia quasi egual que no entre-nó observado têm os comprimentos d'onda do excitador e do resonador.

3.º Se o amortecimento do resonador é grande em relação ao do excitador, obtém-se uma lei contrária á de Sarasin e de la Rive. O valor do entre-nó é constante para o mesmo excitador, qualquer que seja o resonador empregado; varia com as dimensões do oscillador, mesmo que se empregue o mesmo resonador.

(1) Bjerkness, *Wied. Ann.*, tom. XLIV, pag. 92.

Os phenomenos, que constituem o primeiro caso, tinham sido os únicos observados, até que Strindberg (1) tentou verificar experimentalmente os dois últimos.

O oscillador empregado tinha a forma circular com o fim de diminuir o amortecimento. Na parte superior dois discos metálicos serviam de condensadores, e ao mesmo tempo, variando a distância entre elles, faziam variar o período do excitador. Este aparelho collocava-se verticalmente; as faíscas saltavam num liquido isolador, que de ordinário era o petróleo.

O fio conductor do circuito secundário acompanha o do primário até á altura do condensador; ahí sepáram-se e seguem parallela e horizontalmente em uma extensão de 30^m, ao fim da qual se reúnem.

Nas differentes experiências as armaduras do condensador estavam ás distâncias de 20, 7, 5, 3, e 1, 3 centímetros, uma da outra.

O resonador, de forma circular, contém no seu circuito dois discos de alumínio parallelos, cada um delles ligado a um polo.

Este aparelho póde deslocar-se ao longo dos fios parallelos, e ser por elles suspenso, sem que haja communicação metálica.

Os resonadores eram de ferro ou cobre com 140 ou 107^{cm} de comprimento por 1,16, 0,10, 0,50, 0,20 millímetros de diâmetro.

(1) Strindberg, *Journal de Physique*, 3^{me} serie, tom. IV, pag. 143.

Archives des Sciences Physiques e Naturelles (Genève), tom. XXXII, pag. 130.

Strindberg fez seis séries de experiências, verificando numas a theoria de Sarasin e de la Rive, pondo noutras em evidência a mudança do phenómeno, como o indica a theoria de Bjerkness, quando o amortecimento do resonador se torna mais consideravel do que o do oscillador. Este phenómeno tem logar quando se empregam resonadores de fio de cobre de diámetro inferior a $0^{\text{mm}}1$.

Para os fios de cobre, cujos diámetros estam entre $0,1$ e 1^{mm} , o phenómeno não é simplez; affasta-se da lei de Sarasin e de la Rive, e corresponde ao segundo caso. Os fios mais grossos entram no primeiro caso theórico.

Mais tarde o mesmo auctor (1), substituindo a observação das faíscas pela do calôr de Joule desenvolvido nos resonadores, determinou não sò o entre-nó, mas tambem as curvas completas de interferência.

O apparelho empregado é um eléctro-dynamómetro de Hertz um pouco modificado: dois fios de cobre branco (2) de $0^{\text{mm}},22$ de diámetro e 10^{cm} de comprimento estendidos parallelamente á distância de 2^{mm} , dilátam-se pelo aquecimento quando percorridos pelas correntes alternativas do resonador, e produzem o desvio de uma leve agulha, transversalmente ligada ao fio. Estes desvios observam-se com o microscópio.

Um resonador, a que este apparelho esteja ligado, póde deslocar-se ao longo dos fios condu-

(1) Nils Strindberg, *C. R.*, tom. cxxx, pag. 1403.

(2) Argentan.

ctores das ondas com tanta facilidade como os resonadores de faíscas.

A disposição experimental é a mesma das primeiras experiências, com a diferença que os fios têm 30^m de comprimento, e que o plano do resonador se colloca parallelamente ao plano, que elles determinam.

Strindberg fez tres séries de experiências empregando em cada uma dellas sempre o mesmo resonador.

O excitador foi disposto de modo a emittir ondas de tres comprimentos differentes, que, bem como os desenvolvimentos logarithmicos correspondentes, foram separadamente determinados por um método directo sem o emprego do resonador.

No 1.º caso o resonador de fio de cobre foi fracamente amortecido enquanto que o excitador tinha o decrescimento consideravel de 1,1 quando os fios, que recolhem as ondas, passavam a 1^{cm} de distância do fio conductor do excitador.

Nestas experiências o excitador dá comprimentos de onda de 5^m,6, 6^m,8 e 9^m,4. Com o resonador observa-se uma curva de interferência dum entre-nó de 5^m,5.

Neste caso a lei de Sarasin e de la Rive é rigorosamente confirmada.

No 2.º caso augmentou-se o amortecimento do resonador substituindo o fio de cobre por outro de ferro de 0^m,1 de diâmetro. Quando o excitador emittie ondas de 5^m,9, 6^m,9 e 10^m de comprimento a curva de interferência obtida com o resonador dá entre-nós de 6^m,4, 7^m,2 e 8^m,2.

E' evidente, que a lei de Sarasin e de la Rive em virtude da qual a posição do entre-nó devia ser invariavel, não se applica a este caso.

O entre-nó differe tambem sensivelmente do do excitador, o que corresponde ao caso complicado, em que as influências dos doisapparelhos se fazem egualmente sentir.

No 3.^o caso diminue-se o decrescimento do excitador, que passa de 1,1 a 0,5, afastando de 5^{cm} o fio do excitador, e o que serve para transmittir as ondas.

Quando o excitador emite ondas de 5^m,5, 7^m,5 e 12^m de comprimento, a curva de interferência obtida com o resonador mostra entre-nós de 5^m,8, 6^m,6 e 11^m,9 quasi idénticos ao do excitador.

Realizou-se proximamente o segundo caso limite, que a theoria exige, mas que não é confôrme com a lei dos dois sábios de Genebra, a não ser que nella se substitúa o excitador pelo resonador e vice-versa.

Debaixo do ponto de vista qualitativo a theoria de Poincaré e Bjerkness está pois completamente confirmada.

2. Velocidade de propagação das oscillações nos fios e no ar. A egualdade entre as velocidades de propagação da luz e das ondulações eléctricas é hoje um facto assente. Prevista pelas antigas theorias, conclue-se directamente das equações de Maxwell.

As tentativas feitas para determinar a *velocidade*

da electricidade, como antigamente se dizia, datam já de muitos annos.

Os métodos empregados nesta determinação pódem dividir-se em duas classes :

α) Métodos directos, em que se mede o tempo gasto pelas ondullações em percorrer certa distância, ou em que se medem directamente os factores λ e T da aquação $\lambda = VT$.

β) Métodos indirectos, em que de qualquer modo se faz depender a velocidade de um factor, que não é observado, mas calculado.

A primeira medida da velocidade foi feita em 1834 por Wheatstone (1). O circuito constituído por 731^m,5 de fio de cobre dobrava-se de modo a formar 20 linhas parallelas afastadas 15^{cm} umas das outras; tres interruptores de faíscas, collocados nos extremos e no meio do fio, dispunham-se verticalmente uns sobre os outros em frente de um espelho gyrante.

Descarregando um condensador através do circuito via-se, que a imagem central se deslocava em relação ás outras duas.

Combinando a grandeza deste deslocamento com a velocidade da rotação do espelho achou Wheatstone 463.000 chilómetros para velocidade de propagação.

Em 1849, na America, Walker achou que a mesma velocidade é de 30.000 chilómetros. Resultados tam divergentes não tinham valor algum.

(1) Wheatstone. *Pogg. Ann.*, tom. xxxiv, pag. 464.

Fundados no mesmo princípio do método de que Fizeau se serviu para determinar a velocidade da luz, Fizeau e Gounelle (1) procuraram também em 1850 qual o valor da velocidade das ondulações eléctricas.

Os conductores empregados foram os fios de ferro de 314 chilómetros da linha telegraphica entre Paris e Amiens e os da linha de 288 chilómetros de Paris a Rouen, formados em parte de fios de cobre, em parte de fios de ferro.

Uma roda de madeira, gyrando em torno do seu eixo com grande velocidade, tinha a circunferência dividida em trinta e seis sectores alternadamente de platina e madeira.

Dois fios terminados cada um por um pincel metálico, apoiados na circunferência da roda, podiam alternadamente ser isolados ou communicar metálicamente um com o outro.

Tres pares de pinceis permittiam a distribuição da electricidade fornecida por uma pilha.

Um dos polos da pilha ligava-se á Terra e o outro com um fio AB terminado pelo pincel B. O fio da linha C D E E' ligava o pincel com a extremidade D da linha e voltava em seguida aos pinceis E e E'. O ultimo par de pinceis F e F' communicava com a Terra por dois outros fios FG e F'G'.

Os sectores da roda podiam ligar B com C, E com F, E' com F', sendo a disposição tal que as communicações BC e EF estavam ao mesmo tempo

(1) Fizeau et Gounelle, *C R.*, tom. xxx, pag. 437.

abertas ou fechadas quando pelo contrario E' F' estava fechada ou aberta.

Chamando *período* o tempo decorrido desde que um dos pinceis entra e deixa de estar em contacto com um dos sectores, isto é $\frac{1}{30}$ de duração de uma revolução completa da roda, vê-se, que o período será tanto menor, quanto maior fôr a velocidade de rotação.

Supponhâmos que o tempo T gasto pela ondulação em percorrer o fio C E E' é igual a um número par de períodos. A electricidade vinda da pilha passará de B para C quando a comunicação BC estiver aberta e percorrendo a linha chegará no fim do tempo T a E e E'. Neste momento a comunicação C F está aberta, E' F' fechada e a corrente passa para o fio F G.

Sendo T igual a um número impar de períodos quando a electricidade chega a C e a C', C F' está fechada, E' F' aberta e a corrente passa para o fio F' G'.

A velocidade de rotação da roda póde ser tal que a corrente passe toda para o fio F G ou para F' G'; para valores intermédios da velocidade a corrente divide-se em diferentes proporções nos dois fios.

Os fios F G e F' G' ligavam-se a um galvanómetro differencial, que permittia a comparação das intensidades médias das correntes, que num e noutro circulavam.

T, e portanto a velocidade de propagação das ondulações, determinava-se regulando convenientemente a velocidade de rotação do commutador.

Fizeau e Gounelle acharam 100.000 chilómetros para a velocidade no ferro, e 180.000 para a velocidade no cobre.

Na realidade a experiência não é tam simplez, pois mesmo quando T é um múltiplo inteiro do período, uma das correntes $F G$ ou $F' G'$ nunca se annulla, como deveria ser se a eléctrica se propagasse com uma velocidade determinada. As coisas passam-se, como se a perturbação se dilatasse, quando se propaga, de maneira que á chegada occupe maior extensão de fio do que á partida. Este phenómeno foi observado nas suas experiências por Fizeau, que lhe deu o nome de *diffusão da corrente*.

Parece, que uma parte da eléctrica se propagava com a velocidade da luz, enquanto que o resto a seguia com uma velocidade menor e variavel, como uma columna cuja frente avançasse 300.000 chilómetros, mas que fosse deixando retardatários pelo caminho.

O processo empregado por Fizeau não mede a velocidade máxima, mas sòmente a média, o que explica em parte as grandes diferenças entre as velocidades achadas e a da propagação da luz.

A velocidade média é menór no ferro do que no cobre por duas razões: 1.^a porque o ferro é magnético, o que augmenta a indução própria por causa da magnetização transversal; 2.^a porque a sua resistência específica é maior do que a do cobre, o que augmenta a influencia da diffusão.

Em 1875 Siemens (1) determinou a velocidade de propagação por um processo mais perfeito do que os que até ahi se tinham empregado.

Reüniam-se por meio de um fio de pequena resistência as armaduras externas de duas garrafas de Leyde. Uma das armaduras internas ligava-se por um fio curto a uma ponta P, situada próximo da superficie, coberta com negro de fumo, de um cylindro d'aço, em comunicação eléctrica com o sólo; a este cylindro podia imprimir-se um rápido movimento de rotação em torno do seu eixo.

A outra armadura interna communicava por meio de um longo fio telegráfico com uma segunda ponta P', situada na mesma geratriz e á mesma distância do cylindro que a primeira.

A fálscia entre a ponta P e o cylindro salta primeiro, e em seguida salta outra entre o mesmo cylindro e a ponta P'; qualquer dellas deixa marcados na camada de negro de fumo traços bem visiveis, que permitem, medindo a sua distância angular, calcular o tempo, que a ondulação gasta em percorrer o fio mais longo.

Os condensadores carregavam-se, e em seguida descarregavam-se ligando com o solo o fio, que reünia as armaduras externas, o que libertava ao mesmo tempo as cargas das armaduras internas.

A ponta P deixava um traço único; P' uma série de traços succedendo-se com intervallos mais ou menos regulares, o que mostra a existência de

(1) Siemens, *The Physical Review*, tom. iv, pag. 83.
Ann. der Phys. und Chim., tom. 157, pag. 309.

uma série de faíscas, attribuíveis a effeitos da diffusão.

Uma primeira faísca aquece o ar, e estabelece uma passagem por onde a electricidade se esgota; mas em virtude da rotação do cylindro este conductor allonga-se e encurva-se, augmentando de tal modo a resistência, que a electricidade prefere estabelecer nova passagem por uma segunda descarga disruptiva, e assim successivamente. Deste modo uma corrente contínua pôde originar uma série descontínua de faíscas.

Em quatro séries de experiências, empregando differentes fios de ferro, Siemens obteve os seguintes resultados:

Comprimento em chilómetros	Velocidade em chilómetros
25,36	202,600
23,32	230,500
7,2	241,800
23,32	256,600

As divergências entre estes valores pôdem explicar-se por diversas maneiras, attribuindo-as por exemplo a differenças de susceptibilidade magnética do ferro, e á desigualdade do afastamento da ponta P' da superficie do cylindro nas differentes séries d'experiências, etc.

Destas experiências nada se podia concluir com respeito á velocidade de propagação das oscillações; os resultados das observações de Siemens estam ainda longe do valor theórico de 300.000 chilómetros.

Blondlot (1), fundado na hypóthese de Sarasin e de la Rive, que o comprimento d'onda observado depende do resonador, determinou a velocidade das oscillações calculando os valores de λ e T do comprimento d'onda e do período próprios do resonador empregado, que introduzidos na formula $\lambda = V T$ davam o valor da velocidade.

Para determinar com precisão o período empregou Blondlot resonadores constituídos por um condensador de armaduras circulares, afastadas uma da outra de uma fracção de millímetro, e retinidas por um circuito rectângular de fio de cobre de 0^{cm},184 de diâmetro. O rectângulo, cujos lados eram respectivamente eguaes a 10^{cm},2 e 6^{cm},3, formam um circuito de 32^{cm} de comprimento total.

Este comprimento, pequeno em relação ao das ondas emittidas pelo oscillador, permite que se considere uniforme a intensidade da corrente em todo o circuito e se applique a fórmula

$$T = 2 \pi \sqrt{C L} .$$

A média de treze experiências deu para velocidade de propagação 297.620 chilómetros.

Por outro processo, independente de qualquer theoria, procurou Blondlot (2) determinar a velocidade de propagação das ondulações.

(1) Blondlot, *C. R.*, tom. cxiii, pag. 628.

(2) Blondlot, *C. R.*, tom. cxvii, pag. 543.

Dois condensadores eguaes, formados por cylindros de vidro revestidos interior e exteriormente com folhas d'estanho, tẽem as armaduras externas formadas por duas partes annulares isoladas uma da outra.

As armaduras internas estam ligadas respectivamente aos polos dum carrete d'inducção, e as espheras, em que terminam, estam separadas por um intervallo de 6 a 8^{mm}.

Dos aneis superiores de estanho das armaduras externas nascem á mesma altura dois fios de latão terminados em ponta um em frente do outro; a distância entre elles é de 0^{mm},5.

Dos aneis inferiores nascem dois outros fios de 1029^m, que terminam nas mesmas pontas que os precedentes.

Quando o carrete funciona, os dois condensadores carregam-se por meio de duas cordas molhadas, que conduzem a eléctricidade das armaduras externas de um condensador ás armaduras eguaes do outro.

Quando se dá uma descarga entre as espheras das duas armaduras internas, as cargas das armaduras externas libertam-se, e estabelece-se subitamente uma differença do potencial entre os aneis semelhantes dos dois condensadores. As cordas molhadas, em vista da grande rapidez das variações, não podem conduzir a eléctricidade, e por isso os aneis superiores das armaduras externas descarregam-se mutuamente por uma faísca, que salta entre as pontas dos fios de latão, que dellas nascem.

Do mesmo modo os anneis inferiores ligados ás mesmas pontas descarregam-se por uma faísca, que entre ellas salta, mas tam sòmente depois da perturbação original ter percorrido os 1029^m de fio conductor.

Para medir o tempo decorrido entre o apparecimento das duas faíscas, concentra-se por meio de um espelho côncavo, movel em torno de um eixo paralelo aos fios de latão, a luz, que ellas emitem, e que em seguida se projecta num diaphragma vertical ou sobre uma chapa photographica.

Como se vê, o processo empregado é muito semelhante ao de Siemens.

O fio mais longo, que nesta experiência se empregava, era de cobre chamado de grande conductibilidade; tinha 3^{mm} de diâmetro, e estava ligado aos postes da linha telephónica, que liga a prefeitura de Nancy com a asylo de Maréville.

Com o fio de 1029^m a média obtida em 15 experiências deu para velocidade de propagação 296,400 chilómetros; com um fio de igual diâmetro e 1821^m,4 de comprimento este valor subiu a 298.000.

Antes de iniciar estas experiências Blondlot receiava, que por effeitos da diffusão da corrente a segunda faísca não saltasse, o que como vimos não acontece. Ha na verdade differença de intensidade entre as duas faíscas, o que até ajuda a distingui-las, mas não deve ser attribuída á diffusão, porquanto, separando o fio de latão das armaduras do condensador, a faísca, que subsiste, tem um brilho superior ao primitivo.

A differença d'intensidade entre as duas faíscas pôde explicar-se suppondo, que a primeira, que salta, aquece o ar entre as duas pontas, de modo que a segunda é menos brilhante por saltar num meio de resistência menor.

Hertz (1) com o fim de demonstrar, que a velocidade de propagação das perturbações eléctricas ao longo de um fio é finita, substituiu as esferas do seu excitador por duas lâminas de cobre verticaes de 40^{cm} de lado. O conductor, que prolongava as chapas metálicas, estava a metro e meio do chão.

Hertz chamou linha da base uma linha recta horizontal passando pelo interruptor das faíscas perpendicularmente á direcção da oscillação primária, e contava as distâncias ao oscillador sobre essa linha, a partir de um ponto zero, afastado 45^{cm} do interruptor.

Atrás de uma das lâminas metálicas collava-se parallelamente outra lâmina egual, donde partia um fio de cobre de 1^{mm} de diâmetro, que se prolongava até á linha da base. D'ahi o fio incurvava-se até passar 30^{cm} acima do interruptor de faíscas, prolongando-se em seguida em linha recta, parallelamente á linha da base, até uma distância sufficientemente grande para que não houvesse a receiar qualquer perturbação, nas ondas reflectidas.

Hertz julgou sufficiente fazer o fio sair por uma janella, e ligá-lo ao sólo depois de um percurso de 60^m pelo ar livre.

(1) Hertz, *Wied. Ann.*, tom. xxxiv, pag. 551.
Electric Waves, pag. 107.

Approximando do fio um resonador vêem-se saltar faíscas, cuja intensidade se pode alterar fazendo variar a distância entre a chapa do excitador e a que está ligada ao fio.

Para obter ondas estacionárias o fio terminava livremente a uma certa distância, e para demonstrar a existencia de nós e ventres o resonador collocava-se de modo, que tendo o centro na linha da base, e a interrupção na parte superior, o seu plano fosse vertical e passasse pelo fio.

Na extremidade livre do fio as faíscas eram muito pequenas; augmentam até um certo limite quando o resonador se desloca para o lado do excitador, para em seguida diminuir até ao primitivo comprimento, e assim successivamente.

Medindo o comprimento destas ondas, e tornando o fio igual a um múltiplo deste comprimento, acha-se, repetindo a experiência, que toda a extensão do fio se acha dividida por pontos nodaes em ondas separadas. Marcando com cavalleiros de papel a posição dos pontos nodaes vê-se, que os intervallos, que os separam, sam precisamente eguaes.

Cortando o fio por um nó o phenómeno entre elle e a origem do fio não é alterado, e as ondas podem continuar a propagar-se na parte cortada se ella fôr mantida na sua primitiva posição.

Substituindo o fio empregado por outro mais fino ou mais grosso, ou por um fio de outro metal, mesmo que elle seja o ferro, os pontos nodaes conservam as mesmas posições.

Nas experiências d'Hertz os nós eram particular-

mente nítidos, quando o fio se cortava a 8 ou a 5,5 metros do ponto zero da linha da base. No primeiro caso os nós achavam-se a $0^m,2$, $2^m,3$, $5^m,1$ e 8^m ; no segundo a $0^m,1$, $2^m,8$ e $5^m,5$ do mesmo ponto, o que dá para valor médio do meio comprimento d'onda $2^m,8$.

Sendo de 10^{-8} segundos o período do excitador, achou Hertz 200.000 chilómetros para velocidade de propagação das oscillações.

Este valor não é porém o que resulta das experiências; Hertz achou-o commettendo no cálculo do período do oscillador um erro, que depois foi corrigido por Poincaré (1). A velocidade de propagação assim calculada é de 280.000 chilómetros.

Experiências ultteriores contradizem em parte as de Hertz, e mostram, que os comprimentos das ondas, que se propagam, sam menores nos fios de ferro do que nos de cobre.

Saint-John (2) empregou um excitador d'Hertz, ao qual se liga um fio duas vezes dobrado em ângulo recto, de modo a formar tres lados dum rectângulo, cujo lado menor era paralelo ao eixo do excitador. As extremidades dos lados maiores introduziam-se em dois pequenos tubos de vidro, sobre os quaes se enrolavam dois conductores ligados ás extremidades dum bolómetro, que se aquece pela acção das correntes induzidas nestes fios; a

(1) Poincaré, *C. R.*, tom. cx1, pag. 322.

(2) Saint-John, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. iv, pag. 90.

Philosophical Magazine, tom. xxxviii, p. 425.

variação de resistência mede-se com uma ponte de Wheatstone por meio dum galvanómetro.

Fazendo variar o comprimento dos lados maiores do fio de 15 a 900 cm, Saint-John observou, que para determinados comprimentos o desvio do galvanómetro passa por um máximo ou por um mínimo. Admittindo, que as oscillações, que percorrem o fio, são devidas a um phenomeno de resonância, os máximos e mínimos devem corresponder a comprimentos de fios eguaes a números inteiros de meios comprimentos d'onda, que por sua vez serão eguaes a metade da differença dos comprimentos, que dam dois máximos consecutivos.

Não variando o período das oscillações, achou Saint-John, que o comprimento d'onda é menor nos fios de ferro do que nos de cobre do mesmo diâmetro.

Eis os resultados de algumas experiências :

Natureza do fio	Diâmetros	Meios comprimentos d'onda
Cobre	0 ^m ,1201	255 ^m ,8
Ferro	0 ,1186	251 ,6
Cobre	0 ,07836	251 ,6
Ferro	0 ,07850	246 ,8

Deminuindo o diâmetro dos fios de cobre o comprimento d'onda diminue tambem:

Diâmetro dos fios	Meios comprimentos d'onda
0 ^m ,1201	255 ^m ,8
0 ,0884	255 ,2
0 ,07836	251 ,6
0 ,03915	244 ,8

Para estudar a variação da duração das oscillações, que resulta da substituição de um circuito de cobre por outro de ferro com a mesma forma geométrica, Trowbridge (1) empregou dois carretes com a mesma inducção própria, symetricamente collocados ao longo dum eléctro-magnete. Os carretes fazem parte de dois circuitos distinctos, cada um dos quaes contém um condensador, que é carregado pela corrente d'inducção, produzida no carrete correspondente quando se fecha a corrente do eléctro-magnete. As imagens das faíscas das descargas sã projectadas por um espelho gyrante sobre uma chapa photographica.

Um dos circuitos é invariavel; a duração da sua oscillação toma-se para termo de comparação na medida de duração da oscillação do segundo circuito, formado ora por fios de ferro, ora por fios de cobre.

Sendo o diâmetro dos fios superior a $0^{\text{mm}},8$, a duração das oscillações nos circuitos de ferro é sensivelmente a mesma que nos de cobre; para diâmetros menores a duração da oscillação no circuito de ferro é maior que nos de cobre com a mesma forma geométrica.

Trowbridge e Duane (2) augmentáram as dimensões de um vibrador d'Hertz até que a dura-

(1) Trowbridge, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. iv, pag. 91.

Philosophical Magazine, tom. xxxviii, pag. 441.

(2) Trowbridge e Duane, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. v, pag. 97.

American Journal of Science, 3^a series, tom. xlix, pag. 207.

ção das oscillações fosse sufficiente para se poder determinar pela photographia das faíscas.

Medindo em seguida o comprimento das ondas induzidas no circuito secundário em resonância com o vibrador, obtiveram a velocidade da propagação dividindo este comprimento pelo valor da duração de uma oscillação completa.

O aparelho empregado foi o de Saint-John ligeiramente modificado. Para verificar a resonância dos dois circuitos, é obter a forma das ondas no circuito secundário, serviu um bolómetro análogo ao que Paalzow e Rubens descreveram. A média dos resultados obtidos deu para velocidade de propagação 281.600 chilómetros.

Numa segunda série d'experiências os mesmos auctores (1) adoptaram uma disposição, que permite obter uma boa onda, e uma faísca susceptível de ser photographada.

Dois pratos metallicos quadrados A e B (fig. 6) de 50^{cm} de lado collocam-se verticalmente, e constituem o condensador primário. O dieléctrico, que os separa, é uma chapa plana de vidro de poder inductor específico igual a 8.

O condensador secundário é formado por pratos quadrados de 26^{cm} de lado, collocados em frente dos pratos A e B, dos quaes estão separados por um dieléctrico de poder inductor específico 2.

(1) Trowbridge e Duane, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. v, pag. 275.

American Journal of Science, 3^a series, tom. 1, pag. 104.

A fig. 6 indica, como se ligam aos condensadores os circuitos primário e secundário.

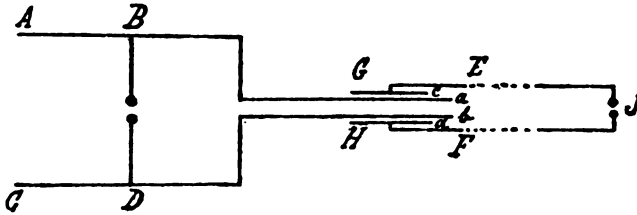


Fig. 6

Para verificar o período de oscillação do circuito primário a parte B D continha um excitador com as extremidades esféricas.

A distância entre AB e CD era de 40^{cm} e os comprimentos destes fios 85^{cm}.

O comprimento total do circuito secundário era 58^{m,6}.

As imagens da faísca secundária projectavam-se sobre uma chapa sensível por meio de um espelho gyrante, cuja velocidade era determinada por um chronógrapho eléctrico.

As extremidades do excitador secundário representavam um papel importante nas características das photographias.

Experimentados o estanho, alumínio, magnésio, e outros metaes foi por fim adoptado o cádmio, por ser o que produzia melhores faíscas.

Com esta disposição Trowbridge e Duane acharam para valor médio de velocidade 300.240 chilómetros.

Com o intuito de medir a velocidade de propagação fizeram-se recentemente na Clark University, Estados-Unidos da America, experiências muito rigorosas.

Clarence Saunders (1) empregou um condensador C (fig. 7), donde partem parallelamente dois fios

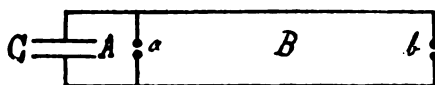


Fig. 7

metálicos, que contêm dois interruptores de faíscas em *a* e *b*, e formam os circuitos primário A, e secundário B.

Quando em *a* saltam faíscas oscillatórias as oscillações propagam-se no circuito secundário B. O período das oscillações no circuito primário, dependendo da capacidade e da indução própria do circuito, pôde fazer-se variar deslocando o interruptor *a*. Quando o período do circuito primário se aproxima do período natural do secundário, dá-se o phenomeno da resonância, revelado pela intensidade que as faíscas adquirem no interruptor *b*.

Se o circuito B funciona como um tubo d'orgão aberto ($l_2 = \frac{\lambda}{2}$), a corrente é nulla e o potencial é máximo nas duas extremidades. Se pelo contrario funciona como um tubo fechado ($l_2 = \frac{\lambda}{4}$), a corrente e o potencial são máximos em uma e nullos na outra extremidade.

(1) Clarence Saunders, *The Physical Review*, tom. iv, pag. 81.

Era este o caso, que se dava nas experiências de Saunders.

Experiências preliminares foram feitas com fios curtos.

O comprimento da fásca *b*, medido por meio de um parafuso micrométrico, quando a descarga se dava indifferentemente em *a* ou *b*, dava a medida da resonância.

O comprimento d'onda calculava-se pela fórmula

$$\lambda = 2 \pi \sqrt{L C} ,$$

sendo *L* determinado pelo processo de lord Rayleigh, e *C* pelo de Maxwell modificado por J. J. Thomson.

Saunders empregou depois um longo fio de 580^m, cujo comprimento foi rigorosamente determinado.

Uma porção de fio foi por algum tempo sujeito a uma tensão proximamente igual á que devia soffrer quando definitivamente suspenso, com o fim de medir o allongamento, que dahi podia resultar. O isolamento dos fios foi tambem objecto de particular attenção.

O condensador empregado era constituído por quatro jarras de Leyde, do melhor crystal da Bohémia, com uma capacidade total de 57,552 centímetros.

Para obter o período das oscillações fizeram-se photographias da fásca secundária, obtidas por um systema de lentes e espelhos planos gyrantes.

O espelho construído para o professor Michelson, e empregado nas experiências sobre velocidade da

luz, consta de uma peça de aço de espessura bastante para que não haja a receiar distorsões lateraes, tendo quatro superficies circulares polidas de 38^{mm} de diâmetro, dispostas como as faces lateraes de um cubo. As partes superior e inferior do espelho terminam em dois eixos ligeiramente cónicos.

O fundo da caixa, onde o espelho se mette, tem uma porca, em que se introduz um cylindro ôco, cujas superficies interna e externa sam cortadas em hélice.

A extremidade deste parafuso tem uma cavidade cónica, em que encaixa a extremidade do eixo do espelho.

Quando este parafuso está ajustado, introduz-se pela sua porca interior um outro mais fino terminado por uma lâmina plana de diamante, onde assenta a extremidade do eixo do espelho. Um parafuso de segurança mantém os primeiros numa posição invariavel.

A parte superior da caixa tem um arranjo idéntico.

O espelho é collocado numa caixa com tubos de ferro para conduzirem o ar, que incidindo em duas pequenas turbinas ligadas ao eixo do espelho, lhe imprimem um rápido movimento de rotação.

Para observar o espelho e tornar uniforme o seu movimento empregava-se uma válvula especial, que se movia á mão, e um caixilho de 60 × 80 centímetros provido de grandes pesos.

A velocidade da rotação do espelho foi determinada com grande rigor.

A comparação com um padrão, empregando um processo óptico, estava naturalmente indicada, como sendo o método mais delicado e menos moroso.

O professor Michelson comparou o período de rotação do espelho com o de vibração dum diapasão, mas as observações foram dificultadas pela pequena amplitude das vibrações do diapasão.

Saunders substituiu o diapasão por um motor rigorosamente regulado por Webster.

A caixa de ferro, contendo o espelho e os aparelhos reguladores da velocidade de rotação, era collocada sobre um pilár de pedra fundamentalmente enterrado, com o fim de evitar a trepidação ou qualquer outra causa perturbadora do regular andamento do espelho.

O tempo era dado pelas vibrações dum diapasão e por um chronógrapho, cuja marcha foi determinada com rigor por um grande número de observações astronómicas.

Nas experiências definitivas determinou-se primeiro a velocidade de propagação num longo circuito, cujos fios foram em seguida cortados, e as experiências repetidas com o fim de determinar a velocidade em circuitos menores. Em cada experiência fazia-se variar a velocidade de rotação do espelho.

A faísca primária saltava entre as espheras de 9^{mm} de diâmetro, e a secundária entre pontas de magnésio, collocadas de modo que houvesse verdadeira resonância.

O período do diapasão era todos os dias determinado, embora não variasse durante todo o tempo,

que duráram as experiências, e a temperatura da sala manteve-se constantemente a mesma, com o fim de evitar nos cálculos a consideração deste factor.

Nas photographias nada havia de especial; tornáram-se porém notaveis em algumas chapas as grandes distâncias relativas entre as imagens das oscillações.

As oscillações mediam-se com uma máquina de dividir, provida de uma lente de pequeno poder amplificante.

Eis os resultados das experiências feitas com tres circuitos differentes.

Circuito I. Resonância $l_1 = 2701$ cm.; $l_2 = 55.592$ cm; $\lambda = 222368$ cm. Velocidade do espelho 49,742; número de oscillações 48; somma dos deslocamentos 42,412; deslocamento por oscillação 0,8836. — $V = 2934 \times 10^{10}$ cm.

Velocidade do espelho 74,613; número d'oscillações 31; somma dos deslocamentos 40,808; deslocamento por oscillação 1,3164. — $V = 2954 \times 10^{10}$ cm.

Circuito II. Comprimento do fio supprimido 15,240 cm.; comprimento do fio conservado 43053 cm.; resonância

$l_1 = 1484$ cm.; $l_2 = 41569$ cm.; $\lambda = 166276$ cm.; velocidade do espelho 49,552; número de oscillações 64; somma dos deslocamentos 41,282; deslocamento por oscillação 0,645. — $V = 2994 \times 10^4$ cm.

Velocidade do espelho 74,328; número de oscillações 50; somma dos deslocamentos 48,322; deslocamento por oscillação 0,956. — $V = 2998 \times 10^{10}$ cm.

Circuito III. Comprimento do fio suprimido 14909 cm.; comprimento do fio conservado 28144 cm.; resonância $l_1 = 614$ cm.; $l_2 = 27530$ cm.; $\lambda = 110120$ cm.; velocidade do espelho 49,552; número de oscillações 63; somma dos deslocamentos 26,873; deslocamento por oscillação 0,4266. — $V = 2998 \times 10^{10}$ cm.

Velocidade do espelho 74,328; número de oscillações 75; somma dos deslocamentos 48,034; deslocamento por oscillação 0,6405. — $V = 2995 \times 10^{10}$ cm.

Velocidade do espelho 99,104; número de oscillações 17; somma dos deslocamentos 14,497; deslocamento por oscillação 0,8521. — $V = 2999 \times 10^{10}$ cm.

O valor da velocidade, calculado pela fórmula, é em seguida expresso em tempo solar.

A velocidade calculada no circuito maior é menor que nos outros dois, o que Saunders attribue em parte á falta de nitidez da resonância naquelle circuito, cujo máximo se não podia determinar com precisão.

O valor médio da velocidade de propagação resultante das experiências de Saunders é de 2982×10^{10} cm. por segundo para os tres circuitos, e 2997×10^{10} cm. para os dois últimos.

Vê-se de todas as experiências, em que se tem pretendido medir a velocidade de propagação das oscillações eléctricas nos fios metálicos, que os resultados obtidos se approximam muito, como pela theoria de Maxwell deve acontecer, da velocidade de propagação da luz.

Hertz (1) procurou tambem a velocidade de propagação no ar.

As primeiras experiências foram feitas em Carlsruhe numa sala com 15 metros de comprimento por 14 de largo e 6 d'altura, dividida em tres corpos por duas filas de columnas de ferro, que Hertz suppoz comportarem-se para com as oscillações, como se fossem paredes contínuas. Deste modo o espaço destinado ás experiências ficava reduzido a 15 metros de comprimento por 8,5 de largo.

(1) Hertz, *Wied Ann.*, tom. xxxiv, pag. 618.
Electric Waves, pag. 124.

Ao fundo da sala havia uma espécie de nicho com um metro de fundo, onde se collocava um espelho de zinco de 4 metros de altura por dois de largo, electricamente ligado com os tubos de gaz e agua, que ahi passavam.

O excitador collocava-se verticalmente ao meio da sala a 13^m de distância do espelho.

O interruptor do excitador estava 2^m,5 acima do solo; um estrado de madeira permittia que se fizessem observações a distâncias grandes do chão.

O resonador empregado era um círculo de 35^{cm} de raio, arranjado de modo a poder mover-se em torno de um eixo, que passava pelo centro perpendicularmente ao seu plano.

Nestas experiências o eixo conservava-se horizontal, e descansava num cabo de madeira, de modo que tanto o círculo como o eixo se podiam mover em torno dum eixo vertical.

Explorando o campo nas vizinhanças duma recta passando pelo interruptor do oscillador, perpendicularmente ao espelho, com o fim de evitar phenomenos de polarização, que introduzissem perturbações nas experiências, achou Hertz a 1^m,72 do espelho o primeiro ventre; a 4^m,12 o primeiro nó; entre 6 e 6^m,5 um segundo ventre pouco nítido; não foi possível determinar a posição do segundo nó.

Hertz toma para comprimento d'onda o quádruplo da distancia entre o primeiro ventre e o primeiro nó, isto é, 9^m,60.

O nó, que precedia o primeiro observado, devia, sendo este o comprimento d'onda, estar 70^{cm} atrás

da superfície do espelho. Este resultado é devido a causas perturbadoras ainda não determinadas. A velocidade de propagação no ar, calculada admitindo este comprimento d'onda, é quasi o dobro da velocidade de propagação nos fios.

Estas experiências foram feitas collocando o resonador no plano de vibração, isto é, num plano vertical passando pelo excitador e pela linha da base.

Collocando o resonador no plano da onda, isto é, num plano paralelo ao espelho, os nós e ventres sam menos nítidos, e os resultados sam proximamente os mesmos das experiências precedentes.

Hertz repetiu estas experiências em Bonn, mas os móveis, que guarneciam a sala d'experiências, introduziam sensíveis perturbações, de modo que os máximos e mínimos das faíscas sòmente com difficuldade se distinguiam.

Sarasin e de la Rive (1) repetiram estas experiências servindo-se de um espelho formado por uma folha de chumbo de 2^m,8 de altura e 3^m de largura, em frente do qual se collocava, a distâncias variaveis entre 4 e 10^m, um excitador com o eixo horizontal e o interruptor na normal ao centro da superfície metálica.

Empregando resonadores de diferentes diâmetros constituídos por fios de várias espessuras, mostráram, que o comprimento d'onda, dado por cada resonador no caso de propagação no ar, é

(1) Sarasin et de la Rive, *C. R.*, tom. cxii, pag. 658.

sensivelmente igual ao que o mesmo aparelho dá, no caso da propagação nos fios, isto é, que a velocidade de propagação das oscillações eléctricas no ar é sensivelmente a mesma com que ellas se propagam ao longo dos fios conductores.

Empregando pequenos resonadores, cujo diâmetro fosse inferior a 20^{cm}, chegou-se a determinar a posição de tres ventres e tres nós compreendendo nestes o do espelho.

Com o fim de poderem trabalhar com resonadores de maior diâmetro Sarasin e de la Rive (1) encostáram a uma parede da casa das turbinas das «Forças motrizes de Genebra» um espelho de zinco de 8^m de altura por 16 de largo.

Para examinar as faíscas secundárias ao longo da normál ao meio da superfície reflectora, fizeram construir uma ponte a 4^m de altura, que constituía um corredor completamente escuro.

O excitador primário collocava-se a 15^m do espelho nas condições das experiências anteriores, com a differença que a faísca saltava no óleo em vez de saltar no ar.

Com um resonador de 50^{cm} de diâmetro acháram: 1.^o ventre 1^m; 1.^o nó 2^m; 2.^o ventre 3^m; 2.^o nó 4^m; 3.^o ventre 5^m; 3.^o nó 6^m.

Com o de 75^{cm}: 1.^o ventre 1^m,5; 1.^o nó 3^m; 2.^o ventre 4^m,5; 2.^o nó 6^m; 3.^o ventre 7^m,5.

Os entre-nós sam eguaes aos obtidos com os mesmos resonadores, quando as oscillações se propagam ao longo dos fios.

(1) Sarasin et de la Rive, *C. R.*, tom. cxv, pag. 1277.

Sarasin e de la Rive julgam ter assim demonstrado a identidade da velocidade das oscillações no ar e nos fios, qualquer que seja o seu comprimento d'onda.

Dufour (1) demonstrou tambem a egualdade das velocidades, quando o comprimento das ondas é menor que 30^{cm}.

O excitador empregado foi o de Righi. O resoador era formado por um quadrado de fio grosso de cobre tendo num dos lados uma interrupção para as faíscas. As extremidades desta interrupção sam uma arredondada e outra em ponta; o intervalo, que as separa, póde fazer-se variar flectindo os lados do quadrado, para o que se fixam os lados vizinhos do interruptor ao meio de duas hastes de uma espécie de compasso de madeira.

A elasticidade do fio de cobre tende a afasta-las: um parafuso de pequeno passo collocado na extremidade livre das hastes obriga-as a approximarem-se, e permite regular a abertura do interruptor.

Um prisma de reflexão total convenientemente collocado faz vêr as faíscas, sem que o observador se approxime do aparelho.

No estudo feito por Hertz (2), do modo como as oscillações se propagam ao longo dum fio, encontra-se a explicação da egualdade das velocidades nos fios e no ar.

Um envolucro metálico é um diaphragma absoluto.

(1) Dufour, *C R.*, tom. cxviii, pag. 1039.

(2) Hertz, *Wied. Ann.*, tom. xxxvii, pag. 395.
Electric Waves, pag. 160.

Collocando um resonador em posição conveniente para que as faíscas tivessem 5 ou 6^{mm} de comprimento, via-se, que ellas desapareciam, quando se envolvia o apparelho numa caixa metálica, de zinco por exemplo.

Uma caixa de papel dourado, em que a espessura do metal é inferior a 0^{mm},25, produzia o mesmo effeito, quando havia o cuidado de manter um contacto perfeito entre as folhas de papel.

Envolvendo o conductor secundário por um conductor tam delgado quanto possivel, o effeito era ainda o mesmo.

Imaginando agora, que ha contacto perfeito entre estes dois conductores, o último representará evidentemente a parte mais superficial do primitivo circuito secundário, a única que intervém na conducção das oscillações, as quaes, apesar de terem energia sufficiente para produzir faíscas de 5 ou 6^{mm}, não penetram na massa do conductor senão numa pequenissima espessura inferior a 0^{mm},25.

Hertz foi assim levado a suppôr, que a chamada corrente induzida no circuito secundário é um phenomeno, que se passa no meio que envolve o conductor, e no qual não toma parte a sua massa interior.

Com o fim de o demonstrar fizeram-se varias experiências. Uma das disposições consiste em interromper num ponto o fio de que Hertz se serviu no estudo da velocidade de propagação, limitando as duas extremidades por pequenas espheras, o que constitua um interruptor de faíscas.

Uma das partes deste fio ligava-se a um disco metálico circular de 15 centímetros de diâmetro,

que com outro disco igual formava as bases de um cylindro recto, cujas generatrizes eram representadas por 24 fios de cobre. Este cylindro era uma espécie de gaiola, em que ficava envolvido o interruptor de faíscas.

Um tubo conductor de 1^m,50 soldava-se ao segundo disco, que tinha no centro um buraco, pelo qual passava o fio conductor.

Se o tubo e o fio se não tocavam, as faíscas saltavam no interruptor, para desaparecerem quando a extremidade do tubo tocava no fio conductor.

Substituindo o tubo metálico por outros com as paredes cada vez mais delgadas, nunca Hertz conseguiu obter faíscas no interruptor, quando entre elle e o fio havia comunicação.

Empregando tubos de vidro chymicamente prateados, as faíscas no interruptor appareciam apesar do contacto do fio com o tubo, quando a folha metálica era assás fina para ser completamente transparente para a luz; a sua espessura era inferior a 1^µ.

Isto prova, que por mais enérgicas que sejam as ondas eléctricas, que se propagam num conductor, a sua acção não penetra além da superficie mais do que a luz que ahi se reflecte.

Devemos portanto considerar estas ondas como existindo no meio, que envolve o fio, e não no próprio fio, e em vez de dizermos que as ondas se propagam nos fios, diremos, que ellas deslizam por elles.

Ha uma differença fundamental entre o modo de ver de Hertz e a concepção ordinária do modo de propagação das oscillações.

Suppunha-se, que os conductores eram os corpos, que facilitavam a propagação das ondulações eléctricas, isoladores os que a ella se oppunham. As experiências d'Hertz tendem a provar, que a propagação das perturbações eléctricas só tem logar através dos dieléctricos, oppondo-lhe os conductores uma resistência tal, que se torna invencivel no caso das oscillações muito rápidas.

Segundo este modo de ver conductores e dieléctricos deviam trocar respectivamente os nomes.

Os metaes, sendo maus conductores da força eléctrica, pôdem, em certas condições, não só impedir a sua dissipação, mas até mesmo concentrá-la; deste modo tornam-se conductores da origem apparente das forças — a electricidade — segundo a terminologia usual.

3. Propagação das oscillações nos dieléctricos.
Nas experiências, que até aqui temos descripto, estudou-se a propagação nos conductores em presença de um único dieléctrico, o ar. As propriedades dos outros dieléctricos sam mais difficeis de averiguar, mas nem por isso offerecem menos interesse.

Segundo a theoria de Maxwell o poder inductor específico de um corpo é igual ao quadrado do seu indice de refração.

Esta relação tem sido experimentalmente verificada para alguns corpos; para outros porém os resultados das experiências estão em completo desaccordo com a theoria.

Não descreveremos, por não caberem nos limites do nosso trabalho, os variados processos, que têm sido empregados desde 1771, em que Cavendish pela primeira vez mediu o poder inductor específico de algumas substâncias; observaremos apenas, que o erro proveniente da penetração das cargas na massa dos dieléctricos, é muito attenuado pelo emprego nestas determinações de oscillações eléctricas muito rápidas.

Numerosas sam as experiências, que confirmam a relação de Maxwell; experiências recentes e rigorosas tendem a fazer deminuir cada vez mais o número dos resultados, que a contradizem.

Arons e Rubens (1), experimentando com dieléctricos líquidos, acháram os seguintes valores:

	$\sqrt{k}$	$\lambda = 6^m$	$\lambda = 6.10^{-7} \text{ m (risca D)}$
Óleo de ricino	2,16	2,05	1,48
Azeite . . .	1,75	1,71	1,47
Petróleo . .	1,44	1,40	1,45
Xylol . . .	1,53	1,50	1,49

Estendendo aos sólidos as suas experiências, obtiveram (2):

	$\sqrt{k}$	$\lambda = 6^m$	$\lambda = 6.10^{-7} \text{ m}$
Paraffina fluida . .	1,41	1,47	} 1,48 a 1,53
— semi-fluida . .	1,44	1,48	
— sólida . .	1,40	1,43	
Vidro n.º 1 . . .	2,33	2,33	1,51
— n.º 2 . . .	2,43	2,49	1,53

(1) Arons e Rubens, *Journ. de Phys.*, 2^{me} sér., t. x, pag. 379. *Wied. Ann.*, tom. xlii, pag. 588.

(2) Arons et Rubens, *Journ. de Phys.*, 3^{me} ser., t. i, pag. 82. *Wied. Ann.*, tom. xliiv, pag. 177.

Negreano (1) obteve os seguintes resultados:

	$\sqrt{k}$	n_s
Benzina pura	1,5139	1,5062
Toluína	1,4949	1,4912
Xylina	1,5059	1,4897
Metaxylina	1,5421	1,4977
Pseudo-cumina	1,5591	1,4837
Cymina	1,5716	1,4837
Essencia de terebentina	1,5039	1,4726

e Palaz chegou aos seguintes:

Benzina	1,517	1,4997
Toluína n.º 1.	1,537	1,4949
— n.º 1.	1,537	1,4848
Petróleo ordinário n.º 1	1,457	1,4487
— — n.º 2	1,445	1,4477
— rectificado	1,481	1,4769

Em diferentes gases achou Boltzmann (2):

	$\sqrt{k}$	n
Ar	1,000295	1,000294
Anhydrido carbónico	1,000473	1,000449
Hydrogénio	1,000132	1,000138
Óxydo de carbono	1,000345	1,000340
Bióxido d'azote (NO ₂)	1,000492	1,000503
Methana	1,000472	1,000443
Ethana	1,000656	1,000678

(1) Negreano, *Journal de Physique*, 2^{me} série, tom. II, pag. 557.

(2) Boltzmann, *Sitz. der Wiener Akademie*, tom. LXIX, pag. 795.

Blondlot (1), experimentando com a essência de terebentina e óleo de ricino, achou, que o comprimento das ondas eléctro-magnéticas emittidas por um oscillador é constante, qualquer que seja o meio isolador em experiência, isto é, o comprimento d'onda depende sòmente das dimensões do oscillador, como em Acústica o comprimento das ondas emittidas por um tubo depende sòmente do seu comprimento.

Uma dúvida havia para o gelo por causa das propriedades excepcionaes, que lhe tinham sido attribuidas. Bouty achou, que o poder dieléctrico do gelo é igual a 78, valor enorme em comparação com o das outras substâncias.

Blondlot (2), aproveitando os intensos frios do inverno de 1892 a 1893, fez doze séries de experiências com o fim de determinar o comprimento das ondas emittidas pelo oscillador, quando se propagam no gelo. As suas experiências leváram-no a adoptar para poder dieléctrico do gelo o número 2, resultado pouco depois confirmado por Perot (3), e que concorda com a relação de Maxwell pois, para o gelo é $n=1,98$.

Borel (4) determinou as constantes dieléctricas principaes de cinco substâncias crystallizadas no

(1) Blondlot, *C. R.*, tom. cxv, pag. 225.

(2) Blondlot, *C. R.*, tom. cxv, pag. 595.

(3) Perot, *C. R.*, tom. cxix, pag. 601.

(4) Borel, *C. R.*, tom. cxvi, pag. 1509.

Archives des Sciences Physiques et Naturelles, tom. xxx, pag. 131.

systema ortho-rhómbico e de dez crystallizadas no monoclínico.

Os resultados, a que chegou, sam interessantes.

As diferenças entre os valores observados e os calculados, partindo dos índices de refracção segundo os tres eixos de elasticidade do crystal, e suppondo verdadeira a relação de Maxwell, entram em geral na ordem dos erros de experiência.

Como meio de verificação o mesmo auctor determinou as constantes principaes do enxofre ortho-rhómbico, e comparou os seus valores com os que Boltzmann anteriormente achára.

Os resultados, a que chegou, sam satisfatórios, como se vê pelos seguintes números:

	k_1	k_2	k_3
Boltzmann	4,77	3,97	3,81
Borel	4,66	3,86	3,67
Cálculo segundo a relação de Maxwell	4,59	3,88	3,59

CAPITULO III

RÁIOS DE FORÇA ELECTRICA

Verificado que as oscillações eléctricas se propagam em ondas com a mesma velocidade da luz, procurou-se repetir com as ondas eléctricas as experiências, a que se prestam as ondas luminosas, com o fim de verificar a theoria de Maxwell, segundo a qual os phenómenos luminosos não sam differentes dos eléctro-magnéticos.

Os comprimentos das ondas emittidas pelos primitivos oscilladores eram demasiado grandes para se observarem com precisão os phenómenos, a que dam logar as oscillações eléctricas, a maior parte dos quaes eram encobertos por phenómenos de difracção.

Os appparelhos modernos, principalmente os modelos de Righi, emittem ondas de comprimento bastante pequeno para que todas as experiências d'Optica possam ser repetidas.

Ao estudo destes interessantes phenómenos se têm dedicado grande número de physicos, e raro é o dia em que das suas experiências não resulta

mais uma prova a favor da theoria eléctro-magnética da luz.

A existência das ondas, o modo da sua propagação, os phenomenos da reflexão a que já nos referimos, e muitos outros, levam á consideração de raios de força eléctrica, perfeitamente comparaveis aos raios luminosos, que em Óptica estamos habituados a considerar.

As fontes dos raios eléctricos sam em geral constituídas por oscilladores collocados na linha focal de espelhos cylindro-parabólicos, análogos aos descriptos com osapparelhos de Righi. Esta disposição, pela primeira vez empregada por Hertz (1), é a que até hoje tem provado melhór.

1. Propagação rectilínea. Nestas experiências tanto o oscillador como o resonador occupam as linhas focaes de dois espelhos eguaes. Collocando entre elles, perpendicularmente á direcção do raio, uma folha de zinco de dois metros de altura por um de largo, as faíscas secundárias desaparecem por completo.

Um observador collocado na passagem dos raios, de modo que os intercepte, extingue tambem as faíscas do resonador.

Os dieléctricos, como a madeira, não extinguem as faíscas. Experiências recentes mostram porém que a transparência não é igual para todos elles.

(1) Hertz. *Wied. Ann.*, tom. xxxvi, pag. 769.
Electric Waves — On electric radiation, pag. 172.

Inclinando para um ou outro lado um dos espelhos, nota-se, que a falsa do resonador enfraquece, quando os planos de symetria deixam de concordar, e que se extingue por completo, desde que elles fazem entre si um ângulo de 15° .

2. Phenómenos de interferência. Algumas das experiências já descriptas mostram claramente a propriedade, que têm as ondas eléctricas, de interferir, e vimos já como Hertz e outros se serviram desta propriedade não só para determinar o seu comprimento, mas também para medir a sua velocidade de propagação.

A experiência de Wiener feita com as ondas luminosas é facil de repetir. Collocando um oscillador em frente de uma superficie reflectora, obtêm-se ondas estacionárias. Um resonador deslocado ao longo da normal commum ao espelho do oscillador e á superficie reflectora indica a posição dos ventres e dos nós.

A experiência dos espelhos de Fresnel foi pela primeira vez realizada por Boltzmann (1), mas o grande comprimento das ondas empregadas faz suppôr, que as franjas obtidas seriam pouco nítidas.

Debaixo do ponto de vista práctico ha uma grande differença entre as experiências de Fresnel, e aquellas em que se empregam ondulações eléctricas.

(1) Boltzmann. *Wied Ann.*, tom. xi, pag. 396.

Com as ondas luminosas é de toda a conveniência obter franjas de interferência, cujas distâncias recíprocas sejam muito maiores do que o comprimento d'onda da luz empregada, sem o que se não poderiam distinguir. Dahi a necessidade de observar as franjas a grande distância da superfície dos espelhos, cujo ângulo deve ser pouco menor que 180° .

Na experiência análoga feita com as ondas eléctricas, não só não ha necessidade de franjas tam afastadas, mas até se deve procurar, que a sua distância reciproca seja pouco superior a meio comprimento d'onda, sem o que poucas franjas se pôdem observar no campo commum aos dois fascículos de radiações reflectidas nos espelhos.

Com este fim nas experiências de Righi os espelhos formam um ângulo bastante inferior a 180° e o oscillador, separado do reflector, colloca-se em differentes pontos próximos da superfície dos espelhos.

Deslocando um resonador nos pontos do espaço, em que o cálculo mostra deverem existir as franjas d'interferência, vê-se na realidade, que as faíscas do resonador passam ahi por máximos e mínimos de intensidade.

Para que as ondas do oscillador não attingam directamente o resonador, é conveniente empregar um diaphragma metálico collocado em posição appropriada.

Se os dois espelhos da experiência de Fresnel estiverem no mesmo plano, o campo commum aos dois fascículos reflectidos desaparece, mas rece-

bendo-os num espelho côncavo, que os concentre sobre um resonador, pôde este accusar máximos e mínimos d'intensidade, quando um dos espelhos se desloque parallelamente a si mesmo.

Esta experiência, comparavel á do aparelho interferencial de Fizeau, presta-se a fornecer uma bôa medida do comprimento d'onda.

Righi conseguiu ainda obter franjas de interferência com uma disposição análoga á de Fresnel, que consiste em fazer reflectir sob grande incidência parte das radiações emanantes de uma fenda luminosa linear sobre um espelho, que lhe seja parallello, e fazer interferir esta luz reflectida com a que provém directamente da origem luminosa.

A experiência de Hertz é um caso particular, que corresponde á incidência nulla.

No ponto O (fig. 8), colloca-se verticalmente, sem reflector, o oscillador; e em S S' uma lâmina reflectora de cobre de 306^{cm} de comprimento por 44^{cm} de altura. O resonador vertical R, privado tambem de reflector parabólico, pôde deslocar-se ao longo da recta B R perpendicularmente ao espelho, e recebe tanto as radiações directamente provenientes de O, como as que se reflectem em S S', e que pro-

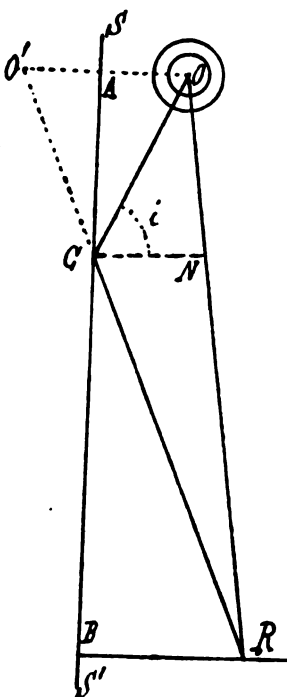


Fig. 8

vêem virtualmente de um ponto O' symétrico de O em relação á superfície espècular.

Medindo as distâncias $OA = a$ entre o espelho e o oscillador, $AB = b$, e $BR = c$ entre o resonador e o espelho, a differença Δ dos caminhos percorridos pelas ondas, que interferem em R , será:

$$\Delta = \sqrt{b^2 + (a + c)^2} - \sqrt{b^2 + (c - a)^2}$$

donde,

$$C = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{4a^2 + 4b^2 - \Delta^2}{4a^2 - \Delta^2}}$$

Esta fórmula permite calcular as posições do resonador, que correspondem ás differenças da marcha eguaes a $0, \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}$ etc.

Como nas experiências de Fresnel, acham-se mínimos nos pontos em que Δ é egual a um número inteiro de ondas, e máximos nos pontos em que a differença de marcha é um número ímpar de meios comprimentos de onda.

Para as ondas eléctricas verifica-se tambem na reflexão uma mudança de phase egual a meia onda, o que de resto se deduz da experiência de Hertz.

As franjas de interferência, cujo centro é B , sam franjas com o centro escuro; junto ao espelho o resonador não dá faíscas, e o primeiro máximo encontra-se num ponto tal, que a differença entre as suas distâncias a O e a O' é egual a meio comprimento de onda.

Na experiência de Fresnel o ângulo de incidência das radiações sobre o espelho é pouco menor do que

90° , e portanto muito maior do que a incidência principal; é por isso, que a experiência dá sempre o mesmo resultado, quer se empregue luz natural, ou luz polarizada em qualquer azimúth.

Se ainda fosse possível observar distinctamente as franjas de interferência, quando o ângulo de incidência é menor do que o ângulo de polarização, deviam obter-se franjas com o centro escuro, quando a luz estivesse polarizada no plano de incidência, e franjas com centro brilhante, complementares das precedentes, quando a luz estivesse polarizada num plano perpendicular ao de incidência.

Esta experiência pôde effectuar-se com as radiações eléctricas, e dá o resultado previsto. Basta para isso dispôr horizontalmente tanto o resonador R, como o oscillador O.

Neste caso o resonador dá vivas faíscas próximo do ponto B, revela um mínimo a uma certa distância, depois outro máximo, etc. Estes máximos e mínimos occupam proximamente os logares occupados pelos mínimos e máximos observados quando as oscillações eram verticaes.

Estas posições não coincidem, porque o valor do ângulo d'incidência das radiações reflectidas varía com a posição do resonador sobre a recta BR, o que faz tambem variar o atrazo produzido pela reflexão sobre as vibrações parallelas ao plano de incidência. Este atrazo cresce de 0 a $\frac{\lambda}{2}$, quando o ângulo de incidência augmenta de 0 a 90° , passando pelo valor $\frac{\lambda}{4}$, quando este ângulo é sensivelmente egual á incidência principal.

Esta não coincidência, revelada pela experiência, é uma prova da variação, que soffre com a incidência, a differença de phase, que pela reflexão se estabelece entre as vibrações parallelas e as perpendiculares ao plano de incidência.

Hagenbach e Zehender (1) descreveram sem a explicar uma experiência, que consistia em collocar entre os espelhos parabólicos dos oscillador e resonador, que eram verticaes e estavam um em frente do outro, uma lâmina metálica, que extinguia as faíscas secundárias, não só quando era perpendicular á direcção das radiações, mas também quando lhe era parallela bem como ao oscillador.

A explicação está em que este effeito é devido á interferência dos raios, que directamente emanam do oscillador, com os que primeiro se reflectem na lâmina metálica, apezar de ella ser parallela á direcção das radiações. Phenómenos de diffração e imperfeições na construcção do espelho dam sempre logar a um desvio parcial de algumas radiações.

Como era de prever, apparecem intensas faíscas no resonador se na experiência de Hagenbach e Zehender se collocar a lâmina perpendicularmente ao oscillador e parallelamente á direcção das radiações.

Righi com um biprisma análogo ao de Fresnel obteve com as vibrações eléctricas franjas de

(1) Hagenbach e Zehender. *Wied. Ann.*, tom. XLIII, pag. 610.

interferência análogas ás que em Óptica se obtêm com o mesmo aparelho.

O biprisma é um bloco prismático obtido pela moldagem do enxofre fundido numa fôrma de madeira com a fôrma de um prisma triangular isósceles.

O lado maior é de 70^{cm} e os ângulos adjacentes de 27° ; a altura do biprisma é de 27^{cm} .

O fascículo enviado pelo oscillador, collocado no fóco do reflector parabólico, normalmente á face maior do biprisma divide-se em dois fascículos, que têm de commum uma região do espaço com a fôrma de um prisma de base rhómbica.

Deslocando o resonador, desprovido do reflector, no plano que passa pelas diagonaes menores das bases deste prisma rhómbico, que é paralelo á face maior do biprisma, observam-se máximos e mínimos de intensidade das faíscas.

Na linha de cruzamento dos planos, que passam pelas diagonaes do prisma rhómbico, ha uma franja brilhante.

Se quando o resonador occupa o lugar de uma franja escura se cobre, por meio de uma lâmina metálica uma das metades da face maior do biprisma, as faíscas reaparecem.

Quando uma onda eléctrica se propaga ao longo de um conductor formado por dois fios parallellos, succede, segundo as observações de Geitler (1), que uma parte da onda se reflecte nos pontos do conductor, onde varia a distância entre os dois fios,

(1) Geitler, *Wied. Ann.*, tom. XLIX, pag. 184-195.

ou onde os fios do conductor sam substituídos por outros mais grossos ou mais finos do que elles.

Para verificar estes resultados da theoria fez Barton (1) várias experiências no laboratório de Hertz, em Bonn, ainda debaixo da sua direcção.

O conductor primário P G P' (fig. 9) é formado por dois discos de zinco P e P' ligados por um fio

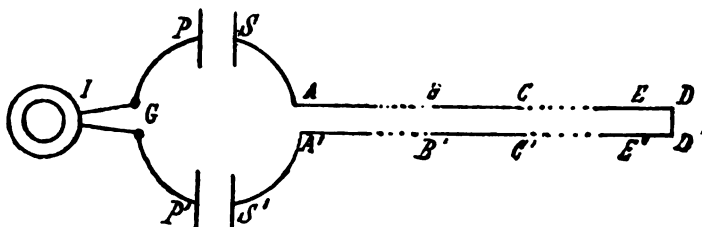


Fig. 9

de cobre de 2^{mm} de diâmetro, tendo no meio um excitador de faíscas G com 2^{cm} de comprimento.

O conductor secundário S A D D' A' S' é formado por um fio de cobre de 1^{mm} de espessura e 160^m de comprimento, e de dois discos eguaes S e S' distantes 30^{cm} de P e P'.

Dos pontos E e E', escolhidos de modo que fosse $ED = E'D' = \frac{\lambda}{4}$, partiam duas ramificações para um electrómetro.

A distância entre os fios era de 8^{cm} e as partes anómalas do circuito, B C e B' C', obtinham-se pen-

(1) Barton, *Proceedings of the Royal Society*, London, tom. LV, pag. 85-96.

Idem, tom. LV, pag. 349.

Journal de Physique, 3^{me} serie, tom. IV, pag. 337; tom. V, pag. 283.

durando alli folhas d'estanho ou de zinco, ou fazendo variar a distância entre os fios.

As ondas, que percorrem o fio, reflectem-se em parte no ponto B, outra parte segue até C onde se dá nova reflexão parcial, e assim successivamente nos pontos do circuito em que existem as anomalias. Deste modo obtém-se uma série de reflexões successivas análogas ás que produzem as differentes côres nas lâminas delgadas.

A experiência principal de Barton corresponde á dos anneis de Newton obtidos por transmissão.

Augmentando gradualmente a parte anómala do circuito, as ondas transmittidas e reflectidas augmentam e deminuem periodicamente.

Trouton (1), estudando a reflexão numa lâmina de vidro, achou, que as vibrações se não reflectem, o que se attribuiu a um phenómeno análogo á producção dos anneis de Newton. A lâmina de vidro empregada, tendo uma espessura muito pequena em relação ao comprimento de onda das vibrações eléctricas, os raios reflectidos nas duas faces interferem completamente.

Empregando lâminas de paraffina, sendo o comprimento de onda de 66cm , viu que uma lâmina de 2cm não reflectia sensivelmente as radiações eléctricas, ao passo que a reflexão era notavel quando a espessura da lâmina era de 13cm .

Admittindo o valor 1,51 para índice de refracção de paraffina, a radiação reflectida na segunda face da lâmina de 13cm soffria, sendo a incidência de

(1) Trouton, *Nature*, tom. xxxix, pag. 391 e xl, pag. 398.

55°, um atrazo de meio período em relação á radiação, que se reflectia na primeira face, o qual combinado com o atrazo que se produz numa das reflexões, estabelecia um perfeito accordo de phase entre as duas radiações reflectidas.

No caso da lâmina de 2^{cm} devia haver uma interferência parcial, produzindo-se um phenómeno análogo ao da mancha escura no centro dos anneis de Newton.

Sendo assim uma lâmina de 26^{cm} não devia reflectir as radiações eléctricas, mas a reflexão teve logár.

Trouton suppôs então, que o valor 1,51 do índice de refração calculado pelo valor da constante dieléctrica da paraffina, não era exacto, e tratou de o obter directamente. O valor a que chegou foi 1,8, mas lâminas de paraffina com a espessura calculada segundo este novo valor não deram os resultados previstos.

Righi construiu lâminas de paraffina e enxofre, que produzem uma differença de marcha de $\frac{\lambda}{2}$ e λ entre os raios reflectidos nas suas faces, quando a incidência é de 45°.

Do mesmo modo que nas experiências de óptica, em virtude da mudança de signal, que se produz quando a reflexão se faz á superficie de um corpo mais refringente do que aquelle, em que se propaga o ráio incidente, os máximos e mínimos de intén-sidade da luz reflectida têm logár ao mesmo tempo que os máximos e mñimos da luz transmittida, e por isso as lâminas de meio comprimento de onda devem dar uma reflexão máxima e uma transmis-

são mínima: pelo contrário as de inteiro comprimento de onda devem dar uma reflexão nulla e uma transmissão máxima.

A experiência confirma esta previsão.

Encostando a uma das lâminas de meia onda a de comprimento de onda obtém-se o mesmo effeito, que produziria uma lâmina única, cuja espessura fosse igual á somma das espessuras parciaes de cada uma dellas, isto é, o ráio reflectido na segunda superficie tem um atrazo de onda e meia, em relação ao que se reflecte na primeira.

Collocando uma das lâminas, a de comprimento de onda por exemplo, de modo que os raios emanados do oscillador depois de reflectidos na lâmina possam ser recebidos no resonador, vêem-se apparecer faíscas neste aparelho á proporção que da lâmina d'onda se approxima a de meia onda. A intensidade das faíscas augmenta gradualmente até ser máxima quando as lâminas chegam ao contacto.

Sabe-se, que quando uma lâmina delgada se colloca entre dois meios transparentes um dos quaes tenha um índice menór e o outro maiór que o da lâmina, o phenómeno óptico inverte-se. Observam-se anneis de reflexão com o centro claro em vez de escuro.

Righi repetiu esta experiência, collocando uma lâmina de enxofre por trás da lâmina de paraffina de meia onda, quando nella se reflectiam as vibrações do oscillador. As faíscas do resonador, que ao princípio eram intensas, enfraquecem ou desaparecem, quando se approxima a lâmina de enxofre.

Approximando a lâmina de enxofre as faíscas do resonador reapareceram se em vez da lâmina de paraffina de meia onda se empregar a de comprimento de onda.

3. Difracção. Righi (1) intentou repetir as experiências ópticas da difracção.

Partindo da explicação elementar, que se dá dos phenomenos de difracção, recorrendo á chamada gradação da onda, tratou Righi, nas suas experiências, de realizar com rigor a divisão de uma onda em elementos, a fim de com elles poder operar differentemente consoante a experiência a realizar.

As fórmulas do oscillador e do resonador levaram-no a considerar o caso de uma onda cylindrica, que é um dos mais simplez.

Righi principiou por preparar um traçado gráfico, que representa uma secção transversal de uma onda cylindrica collocando depois diaphragmas nos differentes pontos onde eram necessários.

Numa folha de cartão extirado sobre uma mēsa marcou dois pontos O e R (fig. 10) distantes 140^{cm} um do outro, e com o centro em O e um raio de 75^{cm} descreveu um arco de círculo F A F', sobre o qual para um e outro lado do pólo A procurou os pontos B, C, D, etc., B', C', D', etc. taes, que as suas respectivas distâncias ao ponto R

(1) Righi, *L'ottica delle oscillazioni elettriche*, pag. 103.
Sulle oscil. elet. a pic. lungh. d'onda, pag. 36.

excedessem o comprimento RA de um, dois, tres, etc. meios comprimentos de onda.

Verticalmente sobre O a meio metro d'altura collocou o oscillador, e sobre R , á mesma altura o resonador.

A superficie cylindrica, cujo traço no cartão é FAF' , será portanto a porção de uma onda emanada do oscillador, considerada como cylindrica na sua parte efficaz; as faiscas verticaes limitadas pelas generatrizes, cujos traços sam $B, C, D \dots B', C', D' \dots$ serão precisamente os elementos da onda graduada. Para simplificar a descripção das experiências serão indicados pelos números $1, 2, 3 \dots$ os que ficam á direita do polo A e por $1', 2', 3' \dots$ os symétricos em relação ao mesmo ponto.

Nas experiências os diaphragmas empregados sam rectângulos de folha de zinco de um metro de altura e com larguras precisamente eguaes aos vários elementos da onda.

Deste modo collocando verticalmente os diaphragmas sobre os elementos correspondentes dá-se uma fórmula material á onda FAF' , que fica constituída por uma lâmina de zinco dividida em faixas pelas verticaes, que passam por B, C , etc.

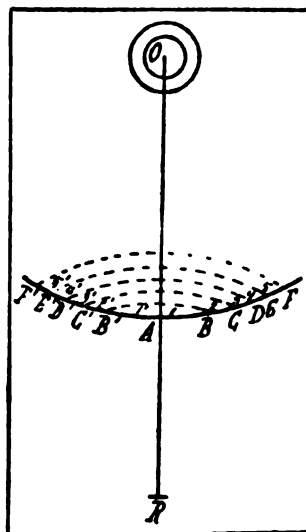


Fig. 10

Em todas as experiências o oscillador colloca-se verticalmente. Dando-lhe a posição horizontal os resultados não variam sensivelmente.

Na explicação geométrica dos phenomenos de difracção demonstra-se, que os elementos 2, 4... 2', 4'... enviam ondas elementares para R, que interferem com as que partem dos elementos 1, 3... 1', 3'... Fresnel construiu um diaphragma opaco, que collocado entre a origem luminosa O e o ponto R, onde se observavam os effeitos da illuminação, cobria os elementos de ordem par, o que augmentava a illuminação em R.

Empregando as ondas eléctricas, faz-se gyrar o resonador em torno do próprio eixo até que as faíscas deixem de saltar; collocando em seguida, nos pontos 2 e 2' os diaphragmas correspondentes, vêem-se as faíscas reaparecer immediatamente. Collocando, além destes, os diaphragmas 4 e 4' observa-se um novo augmento de intensidade nas faíscas secundárias.

Quando em Optica se estuda a difracção produzida por uma fenda estreita, obtém-se no meio do diaphragma, em que se observa o phenomeno, uma intensidade máxima ou mínima, conforme a fenda deixa livres sobre a onda um número ímpar ou par d'elementos. Ao lado deste máximo ou mínimo existem dois mínimos ou dois máximos, a que se pôdem seguir outras alternativas de intensidade.

Collocando na figura os diaphragmas de modo que só ficassem livres os tres primeiros elementos d'onda para um e outro lado do polo, o effeito em

R augmentava. Deslocando lateralmente o resonador ao longo de um arco com o centro em O, de modo que não varie a sua distância ao oscillador, encontra-se para um e outro lado do ponto R uma posição, em que as faíscas quasi desaparecem.

Continuando a deslocar o resonador as faíscas tornam a augmentar, sem que contudo se possa determinar um máximo bem definido.

As posições dos mínimos sam sensivelmente as que a theoria prevê. Sam taes, que relativamente a ellas se encontram cerca de dois elementos de onda livres de um lado do respectivo polo, e cerca de quatro do outro.

Sem deslocar o resonador pôde assim obter-se um mínimo d'intensidade collocando os diaphragmas 3, 4, 5... 5', 6'...; mas em rigor a largura da fenda não é neste caso exactamente a mesma que quando se desloca o resonador.

No meio destas franjas de difracção ha um máximo. Para obter no mesmo ponto um mínimo era necessário que a fenda tivesse a largura C C', E E', etc. Collocando os diaphragmas 3, 4, 5... 3', 4', 5'... as faíscas em R desaparecem; deslocando o resonador para um e outro lado observam-se dois máximos d'intensidade, cujas posições sam as que a theoria indica. Este phenomeno obtido com a fenda C C' corresponde ao phenomeno optico das franjas de difracção com o centro escuro.

Sendo a fenda da largura B B' não se observam máximos nem mínimos. O mesmo succede em Optica, quando se empregam fendas demasiado estreitas.

Cobrindo com os diaphragmas todo o arco A F, ou collocando um grande diaphragma metálico terminando á esquerda segundo a vertical em A e prolongando-se bastante para a direita, a intensidade das radiações em R diminue consideravelmente. Deslocando para a direita o resonador observa-se um máximo a uma distância tal, que graduando a onda em relação á nova posição do oscillador fica um único elemento á direita do novo polo.

A diminuição, que produzem em R os successivos elementos d'onda 1, 2..., é tam rápida, que alguns outros phenómenos de difracção, como por exemplo a difracção na sombra de um traço opaco, não se pôdem observar.

Fixando o resonador em R e um dos diaphragmas sobre uma régua movel em torno do ponto O, as faíscas secundárias ora enfraquecem até se annullarem, ora têm uma intensidade superior á primitiva, quando este diaphragma se desloca ao longo da curva, de A para F. Os máximos d'intensidade correspondem ás posições 2, 4... do diaphragma, os mínimos a 1, 3, 5...

Bose (1), com o intuito de medir os comprimentos d'onda das oscillações eléctricas, empregou uma rede de difracção constituída por uma série de fios metálicos. Uma folha delgada de ebonite encurva-se de modo a formar uma porção da superficie de um cylindro recto circular, cujas bases

(1) Bose, *Proceedings of the Royal Society*; e *Revue Générale des Sciences*, tom. II, pag. 887.

sam representadas por discos de madeira a que a ebonite se fixa. Na superfície côncava deste cylindro fixavam-se a eguaes distâncias faixas de estanho, cuja largura variava de uma para outra rede. O diâmetro da rede era de um metro.

Bose conclufu das suas experiências, que o espectro diffractado é linear e não contínuo.

4. Transparência e opacidade. Um corpo conductor de certa espessura, comporta-se a respeito das radiações eléctricas como os corpos opacos em relação ás radiações luminosas, o que de resto concorda com a theoria electromagnética da luz.

Alguns corpos, considerados como dieléctricos, deminuem a intensidade das faíscas secundárias, quando collocados entre o resonador e o oscilador.

Para observar o effeito produzido por vários dieléctricos empregou Righi um grande diaphragma metálico no centro do qual havia um buraco de poucos centímetros de diâmetro, por onde passavam ondas eléctricas, que excitavam intensas faíscas no resonador.

Esta disposição tinha por fim evitar phenómenos de difracção, que não deixariam de manifestar-se empregando pequenas lâminas de dieléctricos, algumas tam difficeis de obter.

Para ver o effeito produzido por um corpo talha-se nelle uma lâmina de faces parallelas, que se colloca no buraco do diaphragma, e nota-se a relação entre as amplitudes de oscillação das ondas,

que chegam ao resonador, quando atravessam o dieléctrico, e quando se propagam no ar.

Eis alguns resultados

	Espessura	Relações entre as amplitudes
Ebonite	4 ^{mm}	1
Paraffina	17	1
Sal gemma	5	1
Enxofre	2 ,5	0,9
Mica	0 ,17	0,9
Vidro de espelho . . .	0 ,8	0,63
Pilhas de vidros de chapas photographicas .	2	0,9
Gomma lacca	1 ,5	0,8
Porcellana	0 ,5	0,7
Mármore	2	0,6
Selenite	1	0,56
Quartzo normal ao eixo	0 ,8	0,6
Vaso de ebonite com azeite	1	0,77
Vaso de ebonite com benzina	1	0,95
Vaso de ebonite com sulfureto de carbono .	1	1,96

E' notavel o enfraquecimento, que o vidro de espelho produz nas radiações e o quasi nullo produzido pelo sal gemma e pela ebonite, embora estes corpos se comportem de um modo análogo com as radiações caloríficas.

Estas experiências não dam a medida exacta do poder absorvente, porque nellas se empregam lâminas, cuja espessura é pouco superior ao comprimento d'onda. Em vista das interferências entre as radiações directamente transmittidas, e as que emergem depois de ter soffrido reflexões internas,

a intensidade da radiação resultante é função da espessura e do índice de refração da lâmina.

Um processo para verificar, se uma lâmina dielétrica absorve realmente parte das radiações eléctricas, podia consistir em medir separadamente as intensidades das radiações incidente, reflectida e refractada, e ver se a somma das duas últimas é igual ou menor do que a intensidade da radiação incidente.

Sendo a somma menor, o corpo tem poder absorvente, porquanto parece não haver diffusão, quando se empregam lâminas homogéneas de faces bem polidas.

Estas observações são diffíceis de fazer, e não dão sempre o resultado, que era de esperar.

Righi pôs em evidência o poder absorvente de algumas substâncias dielétricas com experiências mais fáceis de realizar.

O resonador e o oscillador collocam-se verticalmente.

As radiações emitidas pelo oscillador atravessam uma lâmina de vidro vertical, inclinada em relação á direcção de propagação, e reflectem-se normalmente sobre uma lâmina metálica, de modo que, encontrando novamente a lâmina de vidro, reflectem-se parcialmente e dirigem-se ao resonador.

Se contra a lâmina metálica se collocar uma lâmina dielétrica de faces paralelas, uma parte das radiações reflectem-se na sua primeira face, enquanto que a parte transmittida soffre uma ou mais reflexões internas, mas por fim todas as radiações chegam ao resonador.

Imaginemos que esta experiência se fazia empregando ondas luminosas; que do oscillador partia uma onda plana; que a lâmina dieléctrica era transparente, e que a superfície metálica era um espelho.

Nestas condições, se a lâmina fôsse perfeitamente transparente a intensidade da luz que chega ao resonador não variaria quer a lâmina estivesse ou não sobre o espelho; se o não fôsse a intensidade diminuiria, quando a lâmina estivesse no caminho dos raios luminosos.

Admittindo que isto mesmo é verdade quando se empregam as ondas eléctro-magnéticas do oscillador, diremos, que o dieléctrico absorve ou não as radiações segundo a sua presença diminuir ou não a intensidade das faíscas do resonador.

Na verdade, as successivas reflexões, em número infinito, que soffrem os raios luminosos no caso da experiência óptica, só têm logar em número limitado na experiência eléctrica, porque cada faísca do oscillador dá origem somente a um pequeno número d'oscillações. Além disto as oscillações eléctricas têm um grande amortecimento, o que se não dá nas luminosas.

Ainda assim é verosimil, que, se nesta experiência a lâmina dieléctrica não absorver parte das radiações, as faíscas no resonador conservaram a mesma intensidade, que tinham antes de atravessar a lâmina.

A experiência mostra na verdade, que collocando sobre a lâmina metálica lâminas de diferentes dieléctricos umas não alteram a intensidade, enquanto outras quasi extinguem as faíscas secun-

dárias. E' por isso, que Righi considera este enfraquecimento como prova de absorpção das radiações.

Nestas experiências o enxofre, ebonite, selenite, paraffina e o vidro ordinário levemente esverdeado, mostram uma transparência perfeita.

O vidro de espelho, o mármore e a madeira sam semi-transparentes.

E' notavel a variação do poder absorvente da madeira com a inclinação das fibras a respeito da direcção das vibrações.

Póde dizer-se, que estas lâminas se comportam como um retículo de fios metálicos paralelos, com a differença que a absorpção das radiações pela madeira não é total, como acontece em geral com o retículo, quando as fibras duma e os fios do outro sam paralelos ás oscillações.

Collocando o resonador e o oscillador um em frente do outro, interponha-se-lhes uma tábua de pinheiro cortada parallelamente ás fibras, de modo que estas formem com a direcção das oscillações um ángulo de 45° . Deslocando em seguida o resonador de maneira a collocá-lo em direcções parallelas ou perpendiculares ás fibras da madeira, vê-se, que as fâscas sam muito mais intensas na última, do que eram na primeira destas posições.

5. Reflexão. Muitas das experiências descriptas, e o proprio emprego dos espelhos parabólicos, põem em evidência a propriedade, que os raios eléctricos têm de se reflectir.

Hertz (1) collocou os dois espelhos do oscillador e resonador um ao lado do outro, com as aberturas voltadas no mesmo sentido, de modo que os respectivos eixos se cruzassem num ponto distante proximamente tres metros de qualquer delles.

No resonador, que evidentemente estava inactivo, appareciam faíscas, logo que no ponto de convergencia dos eixos se collocava verticalmente uma lâmina quadrada de zinco, de dois metros de lado, igualmente inclinada a respeito de qualquer delles.

Se o espelho, gyrando em torno de um eixo vertical, se collocava de modo, que fizesse um ângulo de 15° com a primitiva posição, as faíscas secundárias desappareciam, o que levou Hertz á supposição que a reflexão se faz regularmente não dando lugar a phenómenos de diffusão.

Collocando numa sala o oscillador, de modo que os raios emittidos incidissem normalmente na superficie duma porta, que a separava doutra sala, onde estava o resonador com a abertura do espelho dirigida perpendicularmente á direcção dos raios, viu Hertz, que as faíscas brotavam abundantemente, quando no ponto de convergência dos eixos dos dois espelhos se collocava verticalmente uma superficie metálica reflectora, inclinada de 45° a respeito de qualquer delles.

As faíscas não eram alteradas, quando se fechava a porta, mas desappareciam, quando o espelho se

(1) Hertz, *Electric Waves*, pag. 179.

desviava no plano horizontal de 10° da posição, em que fôra collocado.

Esta experiência demonstra a lei da egualdade dos ângulos d'incidência e de reflexão; a disposição dos espelhos e da superficie reflectora demonstram a segunda lei.

Nas experiências de demonstração pôdem os espelhos cylíndricos ser substituídos por espelhos esphéricos côncavos, como Righi demonstrou (1). Os espelhos empregados na demonstração da propagação das radiações luminosas e caloríficas servem perfeitamente para este effeito.

A lâmina metálica pôde tambem ser substituída por uma lâmina dielétrica, de espessura consideravel em comparação do comprimento das ondas empregadas.

As oscillações pôdem, como o som, transmittirem-se por meio de tubos metálicos, como tambem acontece com a luz, quando a superficie interna do tubo é reflectora.

Collocando o oscillador próximo da abertura de um longo tubo metálico apparecem faíscas no resonador, sempre que este aparelho se approxima da outra abertura, e isto quer o tubo seja recto ou constituido por partes curvilíneas de pequena curvatura, quer seja contínuo, ou formado de peças separadas, postas umas em frente das outras sem que entre ellas haja contacto.

Empregando um tubo tam longo quanto o per-

(1) Righi, *L'ottica delle Osc. Elet.*, pag. 131.
Sulle oscil. a pic. lungh. d'onda, pag. 48.

mittia o local da experiência, obteve Righi faíscas vivíssimas no resonador, a uma distância quatro vezes maior do que aquella, a que no ar as faíscas deixavam de saltar.

Se do estudo geométrico da reflexão se passa ao estudo physico das vibrações reflectidas, isto é, se em vez de estudarmos sòmente a direcção, em que se propagam, quisermos conhecer a sua intensidade e orientação, prevê-se desde já, que por meio das ondas eléctricas se ham de obter phenomenos análogos aos produzidos pela luz polarizada, visto que as oscillações eléctricas geradas pelos oscilladores estam já polarizadas por sua natureza.

As experiências de Righi tiveram por fim obter uma confirmação directa da theoria eléctro-magnética da luz, segundo a qual o plano de polarização deve ser parallelo á direcção da força magnética, e perpendicular á da força eléctrica.

Por outras palavras, admittindo com Fresnel que a direcção das vibrações num ráio polarizado é perpendicular ao plano de polarização, deve achar-se, que a direcção da força eléctrica corresponde á direcção das vibrações do ether na theoria de Fresnel.

Dissemos já como Trouton foi mal succedido nas suas experiências. Klemencic (1) propôs-se tambem

(1) Klemencic, *Wiener Berichte*, januar, 1891, pag. 109.
Wied. Ann., tom. XLV, pag. 62.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. I, pag. 349.

Revue Générale des Sciences, tom. II, pag. 156.

estudar quantitativa e qualitativamente o phenomeno da reflexão das ondas eléctricas tanto nos dieléctricos como nos conductores, e procurou comparar o comportamento destas radiações com o das ondas luminosas.

As vibrações eram estudadas observando por meio de pilhas thermo-eléctricas os seus efeitos caloríficos, disposição inconveniente, porquanto os fios ligados ás pilhas podiam conduzir para o resonador correntes d'inducção, encobrando assim os phenomenos, que ahi se passam.

As superficies reflectoras de Klemencic eram constituídas por blocos de enxofre, reúnidos de maneira a formar uma parede de 1^m,20 de altura, 80^{cm} de largo e 9^{cm} de espessura, ou por uma folha de zinco com a mesma superficie. Para estudar a reflexão metálica serviram tambem uma rede de fios de ferro, e uma lámina de zinco dobrada de modo a formar uma superficie cylíndrica.

A disposição do apparelho permittia o estudo das radiações incidentes entre 20 e 60°.

Entre a reflexão no zinco e no enxofre acháram-se as mesmas differenças que para os raios luminosos; a intensidade da reflexão varia com a direcção de vibração dos raios.

Com o reflector d'enxofre obtém-se com qualquer incidência uma reflexão enérgica, se as ondulações fôrem perpendiculares ao plano d'incidência. Sendo paralelas a este plano a reflexão só é enérgica para pequenos valores da incidência; a intensidade das vibrações reflectidas deminue muito

quando a incidência augmenta, annullando-se por completo para um ângulo comprehendido entre 60° e 65° .

Este resultado é notavel, porque o índice de refração de enxofre dá para valor do ângulo da polarização total um número comprehendido entre 60° e 65° .

A comparação dos resultados obtidos nestas experiências com os que se deduzem da fórmula de Fresnel, não permite conclusões satisfatórias, para o que certamente contribuem as más condições da experiência.

Righi estudando a reflexão das ondas eléctricas á superfície dos dieléctricos empregou o enxofre, paraffina e vidro.

No caso do enxofre a superfície reflectora era uma das faces duma lâmina prismática, para que as radiações reflectidas internamente não se sobrepossem ás que se reflectiam á superfície, alterando os resultados. Noutras experiências as radiações reflectiam-se na face maior do bi-prisma.

Experimentando com a paraffina, empregáram-se tambem blócos prismáticos. Neste caso a intensidade das radiações reflectidas é menor, como era de esperar, visto ser o índice de refração da paraffina tambem menor do que o do enxofre.

Para estudar a reflexão no vidro de espelho empregou-se uma lâmina de faces parallelas de 7^{mm} de espessura. Apesar de pouco espessa esta lâmina dá uma reflexão enérgica. Lâminas egualmente delgadas de enxofre ou paraffina quasi não refle-

ctiriam as radiações, em virtude das interferências entre os raios reflectidos nas duas faces.

Os phenómenos observados, especialmente experimentando com o enxofre, fôram semelhantes aos phenómenos ópticos correspondentes.

As experiências sobre a reflexão metálica dam os mesmos resultados. Mas neste caso, empregando grandes incidências, deve haver cuidado de evitar, que os raios reflectidos interfiram com os que attingem directamente o oscillador.

Uma lámina metálica de 40 ou 50^{cm} de lado é sufficiente para effectuar todas as experiências da reflexão; o ângulo d'incidência não deve ultrapassar 70°.

Para grandes incidências emprega-se uma lámina de cobre de 306^{cm} de comprimento por 44 de altura, movel em torno de um eixo vertical. O oscillador e o resonador collocam-se de modo que os seus eixos de rotação passem pelo centro de figura da lámina metálica. As distâncias entre este ponto e o oscillador ou o resonador sam respectivamente de 150 e 400 centímetros.

Deste modo não ha a receiar influências directas do oscillador sobre o resonador, mesmo que as incidências sejam de 82 ou 83°.

Esta disposição experimental é particularmente própria para pôr em evidência a polarização elliptica das vibrações reflectidas, o que completa a analogia com os phenómenos ópticos.

O oscillador colloca-se de modo, que o seu eixo de figura fique inclinado de 45° sobre a vertical, e escolhe-se um ângulo de incidência de 81° pro-

ximamente, que é o valor do ângulo de polarização. No resonador vêem-se saltar faíscas qualquer que seja a sua inclinação, o que não aconteceria se as vibrações fossem rectilíneas, pois neste caso uma pequena discordância entre as inclinações dos eixos de figura do resonador e do oscillador seria sufficiente para que as faíscas secundárias se extinguissem.

Fazendo gyrar o resonador em torno do próprio eixo, de modo a descrever um círculo completo, vê-se que a intensidade das faíscas varia, passando por dois máximos e dois mínimos, correspondentes a posições do oscillador distantes 90° umas das outras.

As posições do eixo de figura do oscillador, quando as faíscas são máximas ou mínimas, dão as direcções dos eixos de vibração elliptica.

Inclinando mais o oscillador, de modo que faça com a vertical um ângulo maior, de 59° proxima-mente nas experiências de Righi, a intensidade das faíscas no resonador torna-se constante, qualquer que seja a sua orientação, quando o ângulo d'incidência das vibrações sobre a superficie reflectora é igual ao ângulo de polarização.

Neste caso a vibração reflectida converte-se em vibração circular.

A maneira differente como a madeira transmite as vibrações eléctricas segundo que a sua direcção é parallela ou perpendicular ás fibras, levou Righi a verificar, se havia differenças análogas na reflexão das ondas á superficie deste corpo.

Nestas experiências empregaram-se parallélpí-

pedos de pinheiro com duas faces talhadas perpendicularmente á direcção das fibras. As faces parallelas ás fibras sam quadradas, e têm 40^{cm} de lado, as outras arestas têm 5,7 ou 11,4 centímetros de comprimento.

A reflexão tem logar numa das faces maiores; as fibras sam umas vezes verticaes outras horizontaes, isto é, perpendiculares ou parallelas ao plano de reflexão.

Medindo os ângulos de que era preciso fazer gyrar o resonador para que as faíscas se extinguissem, reconheceu-se, que a reflexão depende da direcção das fibras.

Empregando um dos parallelipédos de 11,4^{cm} de espessura e sendo de 45° o ângulo de incidência das radiações, obteve Righi os seguintes resultados:

Se o oscillador tem o eixo horizontal, sendo portanto as vibrações incidentes parallelas ao plano de reflexão, a madeira reflecte melhor quando as fibras sam horizontaes do que quando sam verticaes. A relação entre as amplitudes é neste caso 1,15.

Estando o oscillador vertical, as vibrações incidentes sam perpendiculares ao plano de reflexão, e neste caso a madeira reflecte melhor quando as fibras sam verticaes. A relação entre as amplitudes é 1,36.

O phenómeno é, como se vê, inverso e mais bem accentuado neste caso.

Um reticulo de fios metállicos parallellos comportar-se-ha como a madeira, com a differença de não haver radiações reflectidas nos casos em que com a madeira observa uma deminuição d'inténsidade.

Parece, pois, que o comportamento especial da madeira deve attribuir-se principalmente á circunstância de ser maior a conductibilidade no sentido das fibras do que nas direcções perpendiculares.

Uma lâmina de selenite, cujas faces sejam paralelas á clivagem principal, tem para com as radiações reflectidas, um comportamento análogo ao da madeira.

Sendo a incidência de 45° uma lâmina circular de $11\text{cm},5$ de diâmetro a $3\text{cm},5$ de espessura, reflecte com mais intensidade quando as vibrações eléctricas incidentes sam paralelas á direcção da clivagem secundária não fibrosa, do que quando as mesmas vibrações sam perpendiculares a esta direcção.

6. Refracção simples e reflexão total. Dispersão.
Com o fim de estudar os phenómenos da refracção das ondas eléctromagnéticas empregou Hertz (1) um prisma de asphalto, cuja base era um triângulo isósceles.

O lado maior tinha $1\text{m},2$ e o ângulo opposto era de 30° .

Collocando o oscillador a $2\text{m},6$ do prisma de modo que as radiações incidissem numa das suas faces debaixo de um ângulo de 25° , no resonador não appareciam faíscas, quando este aparelho se collocava no prolongamento dos raios emanantes do oscillador.

(1) Hertz, *Electric Waves*, pag. 181.

Deslocando o resonador sobre uma circunferência descripta do centro da base do prisma, via-se que as faíscas appareciam, mas com pouca intensidade, a 11° da posição primitiva, eram máximas a 22° , e em seguida diminuíam para desaparecer por completo a 34° .

Um observador collocado entre o oscillador e o prisma, ou entre o prisma e o resonador, interrompe as faíscas secundárias, o que prova bem que as radiações atravessam o prisma.

Esta experiência dá para índice de refração do asphalto 1,69.

Lodge e Howard (1) substituíram o prisma por uma lente cylindrica plano-convexa, e observaram a concentração das ondas na vizinhança do fóco.

Empregando pequenos comprimentos d'onda, o que permite reduzir as dimensões dos prismas, conseguiu Righi (2) determinar o índice de refração de alguns dieléctricos. Assim foram achados os seguintes valores: paraffina 1,43, enxofre 1,87, asphalto 1,6.

Como na reflexão, as radiações eléctricas, quando refractadas, comportam-se como a luz polarizada; ainda se reconhece neste caso, que a força eléctrica é perpendicular ao plano de polarização.

Como no caso da luz uma única lâmina de faces parallelas dá phenómenos pouco nítidos, mas ainda assim sensiveis.

(1) Lodge and Howard, *Philosophical Magazine*, tom. xxvii, pag. 48.

(2) Righi, *L'ottica delle oscillazioni elettriche*, pag. 153. *Sulle oscillazioni, etc.*, pag. 65.

Basta pôr entre o resonador e o oscillador uma lâmina dielétrica, e incliná-la de maneira que as radiações a encontrem obliquamente, para que se possa reconhecer, que as radiações transmittidas sam mais intensas quando as vibrações incidentes sam paralelas ao plano de refração, do que quando lhe sam perpendiculares.

Da mesma maneira se reconhece, que as vibrações soffrem uma rotação, quando ao longo do ráio incidente têm uma direcção intermédia àquellas duas.

Os effeitos augmentam, como em Óptica, quando em vez duma se collocam entre o oscillador e o resonador várias lâminas dielétricas paralelas. A um destes systemas póde chamar-se *pilha de lâminas*, do mesmo modo que em Óptica se chamam pilhas de vidro ou de mica, aos systemas análogos empregados como polarizadores ou analysadores da luz.

Tres lâminas paralelas de paraffina collocadas verticalmente entre o oscillador e o resonador, de modo que o ângulo d'incidência seja de 55° , que é o ângulo de polarização desta substância, dam effeitos muito evidentes.

Collocando o oscillador de maneira que as vibrações eléctricas sejam perpendiculares ao plano de refração, as faíscas no resonador sam pouco intensas, mostrando-se pelo contrário muito vivas quando, fazendo girar de 90° o oscillador e o resonador, se tornam as vibrações paralelas ao plano de refração.

Collocando o oscillador de modo que o seu eixo de figura faça com a vertical um ângulo de 45° , e

procurando com o resonador o azimúth das vibrações, que atravessam as lâminas, reconhece-se que ellas fazem com o plano de refração um ângulo menor do que 45° . As vibrações approximam-se portanto do plano de refração, como acontece na experiência correspondente d'Optica.

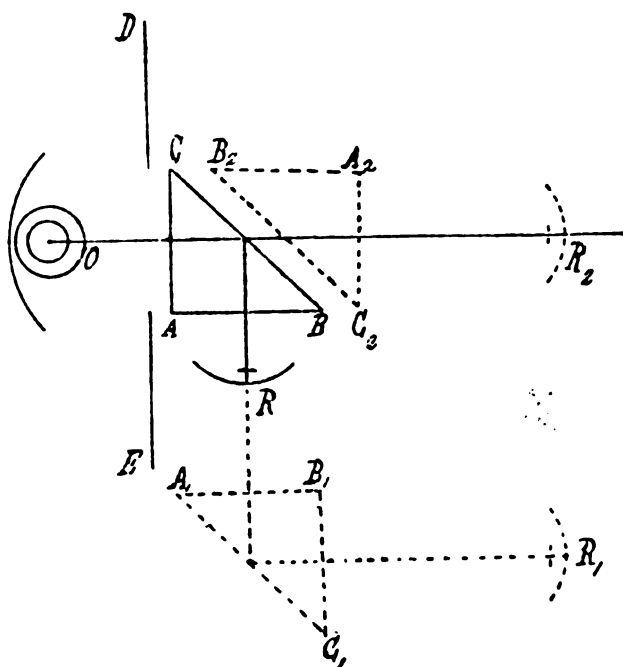


Fig. 11

- Se em vez de tres se empregarem sete ou oito lâminas de paraffina, as vibrações perpendiculares ao plano de refração extinguem-se por completo,

como o prova a inactividade dos resonadores mesmo os mais sensíveis.

Como se sabe, conhecido o índice de refracção de uma substância, é fácil calcular o respectivo ângulo limite.

Prismas de enxofre ou de paraffina tendo por secção um triângulo rectângulo isósceles dam phenómenos evidentes de reflexão total, porquanto sendo maiores do que $\sqrt{2}$ os respectivos índices de refracção para as radiações eléctricas, o ângulo limite é menor do que 45° .

Limitando por meio de um diaphragma metálico DE (fig. 11) o fascículo de radiações emanantes do oscillador O, faça-se com que ellas incidam normalmente sobre uma das faces A C, que formam o ângulo recto dum destes prismas.

Estando em R, o resonador não se observam faíscas, mesmo que elle se desloque lateralmente para um e outro lado.

Se o collocarmos em R, isto é, de modo que o seu eixo seja normal á segunda face do ângulo recto do prisma, as faíscas mostram-se tam intensas como as que em R, saltavam antes da interposição do prisma. A face hypotenusa B C reflecte totalmente as radiações eléctricas.

Applicando contra esta face a mão ou uma lâmina dieléctrica bastante espessa, as faíscas enfraquecem, porque a reflexão deixa de ser total.

Póde empregar-se um segundo prisma A₁ B₁ C₁, o qual faz com que, em seguida a uma segunda reflexão total, as faíscas tomem uma direcção parallelá á que têm, quando saem do oscillador.

Um resonador agora collocado em R_1 deixa ver faíscas tam vivas, como as que mostrava em R antes do emprego do segundo prisma.

Observam-se phenómenos interessantes collocando adiante do prisma $A B C$ outro prisma egual $A_2 B_2 C_2$, de modo que ambos possam formar um parallelipédo rectângulo, quando as duas faces hypotenusas estejam em contacto.

Se as faces $B C$ e $B_2 C_2$ estam bastante afastadas, as faíscas saltam em R com a mesma intensidade, e R_2 conserva-se inactivo. Deminuindo pouco a pouco a distância entre os dois prismas, a intensidade das faíscas em R deminue, á proporção que em R_2 apparecem faíscas, que augmentam gradualmente d'intensidade. Quando os prismas estam muito próximos as faíscas de R desaparecem, e as de R_2 sam muito intensas. Os dois prismas, embora não estejam em contacto, comportam-se como um meio homogéneo de faces parallelas.

Empregando ondas cujo comprimento seja de $10^{cm},6$ nota-se, que o segundo prisma começa a ter influencia no primeiro, quando a distância entre $B C$ e $B_2 C_2$ fôr de $5^{cm},3$.

Resulta desta experiência, que nos phenómenos de reflexão e refracção, que têm logar na superficie de dois corpos differentes, tomam parte ambos os corpos em uma espessura, que no caso desta experiência é pelo menos de meio comprimento d'onda.

Quincke (1) demonstrou que em Óptica se observa um phenómeno semelhante, quando se

(1) Quincke, *Pog. Ann.*, tom. CXXVII, pag. 1-129.

ligam pelas faces hypotenusas dois prismas de vidro de reflexão total.

Demonstra-se tambem a reflexão total das oscillações eléctricas imitando o phenómeno óptico das fontes luminosas.

Serve para isso um grosso cylindro recto de paraffina, encurvado numa das extremidades de modo a formar um quarto de toro.

Collocando o oscillador e o resonador em frente das bases do cylindro via-se, que neste aparelho saltavam intensas faíscas, apesar das oscillações terem percorrido na paraffina uma distância muito maior do que aquella em que no ar não eram já capazes de excitar o resonador.

Applicando a mão ou outros corpos extranhos na parte curva do bloco de paraffina as faíscas cessam immediatamente.

Do mesmo modo que em Óptica, pôde-se pela reflexão total obter raios eléctricos polarizados elliptica ou circularmente.

Righi construiu dois prismas um de enxofre e outro de paraffina com que demonstrou mais esta analogia, aliás facil de prever, entre as duas espécies de radiações.

Hertz, Righi e outros experimentadores não conseguiram empregando prismas dieléctricos de asphalto, enxofre, paraffina, petróleo, etc., observar o mais pequeno indício de dispersão das radiações eléctricas refractadas.

Era isto de prever na theoria de von Helmholtz, segundo a qual a dispersão provém das ondas do ether communicarem ás moléculas do meio refrin-

gente vibrações, que se effectuam com um periodo determinado, que lhes é próprio, como se as moléculas servissem de resonadores para aquellas ondas.

Vê-se pois, que não havendo resonância entre as moléculas dos corpos e as ondas eléctro-magnéticas tambem não terá logar a dispersão, mas que ella

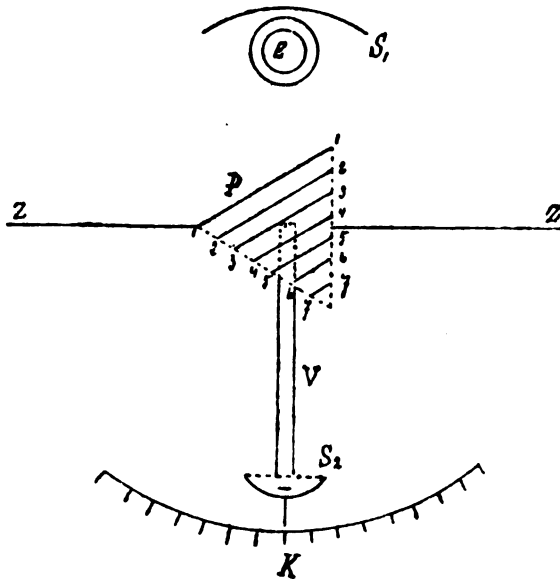


Fig. 12

se poderia obter, caso um oscillador emittisse na verdade ondas de diferentes comprimentos, com um prisma formado de resonadores.

Garbasso e Aschkinass (1) realizaram experiências com o fim de verificar este modo de ver.

O excitador E (fig. 12) empregado era construído segundo os modelos de Righi; collocava-se no fóco dum espelho de latão S_1 de 14^{cm} de distância focal e 50^{cm} de diâmetro de abertura.

O comprimento das ondas emittidas por este apparelho era de 7^{cm},5.

Os resonadores eram tres, feitos tambem segundo as indicações de Righi de tiras de espelho de prata. Collocavam-se alternadamente na linha focal de espelhos cylindro-parabólicos de cartão S_2 , sobre os quaes estavam dispostas numerosas faixas de folha d'estanho todas parallelas á linha focal do espelho.

Em cada espelho as tiras d'estanho concordavam em comprimento e em largura com o resonador a que o espelho pertencia, de modo que elle próprio constava de um certo número de resonadores.

Um espelho assim formado reflecte sòmente ondas d'um comprimento determinado, que é aquelle para que estão afinados os seus resonadores; o seu poder reflector é muito superior ao dos espelhos metállicos ordinários.

Os espelhos secundários fixavam-se numa alidade V, cujos deslocamentos se liam num quadrante graduado K.

O prisma P constava de sete lâminas de vidro com 35, 30, 25, 20, 15, 10 e 5^{cm} de largura.

(1) Garbasso e Aschkinass, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. IX, pag. 429.

Em cada uma destas lâminas fixavam-se numerosos resonadores dispostos em doze séries paralelas, sendo cada um delles constituído por faixas d'estanho com $1^{\text{cm}},5$ de comprido por $0^{\text{cm}},2$ de largo.

A distância entre duas séries contíguas era de um centímetro, e a de dois resonadores contíguos da mesma série $1^{\text{cm}},3$.

O número de resonadores de cada série variava de uma para outra lâmina sendo respectivamente em cada uma dellas: 21, 18, 15, 12, 9, 6, 3.

O prisma collocava-se de maneira que o lado maior dos resonadores ficasse vertical, isto é, paralelo á direcção da vibração. A sua posição não variava de umas experiências para as outras, e era tal, que o ângulo d'incidência das vibrações era de 40° , e a distância média do excitador á face do prisma para elle voltada 18^{cm} .

A' direita e á esquerda do prisma dois diaphragmas de zinco Z impediam, que as ondas do excitador actuassem directamente sobre o resonador.

A experiência consistia em determinar á direita e á esquerda do ponto médio as posições do resonador, em que as faíscas secundárias desappareciam.

As differentes séries d'observações não concordavam bem entre si. Cada série constava de doze observações, no que se gastava termo médio um quarto d'hora, tempo excessivamente grande para que o oscillador funcionasse uniformemente. Mas em todas as experiências o phenomeno seguia a mesma ordem.

Com os resonadores de 3, 4 e 6 centímetros acháram-se para desvios médios $9^{\circ} 6'$, $7^{\circ} 8'$ e $5^{\circ} 24'$ o que indica, que a refrangibilidade das radiações eléctricas cresce com o comprimento d'onda, como acontece com a luz e com o calor.

Segundo estas experiências, parece que o fascículo de radiações emanantes de um oscillador eléctrico se póde comparar a um fascículo de luz branca.

7. Dupla refração. O phenómeno da dupla refração das ondas eléctro-magnéticas foi pela primeira vez posto em evidência pelas experiências de Righi (1) em 1894. O corpo empregado foi a madeira de pinho, que se comporta para com as radiações eléctricas como um crystal birefringente para com a luz.

Mack (2) occupou-se tambem em determinar os índices de refração da madeira e em obter meios artificiaes dotados de dupla refração.

Nas suas experiências empregou um aparelho análogo ao de Hertz, que collocava numa extremidade duma mēsa estreita de tres metros de comprimento; na outra extremidade havia uma parede vertical de lata.

(1) Righi, *Mem. della R. Acc. di Bologna*, ser. 5.^a, tom. iv, pag. 487.

L'ottica della oscillazioni elettriche, pag. 168.

(2) Mack, *Wied. Ann.*, tom. LIV, pag. 342.

Journal de Physique, 3^{me} ser., tom. iv, pag. 567.

Nature, tom. LI, pag. 423.

A linha focál do excitador distava dois metros desta parede; os nós e os ventres do systema de ondas estacionárias por ella produzidas eram examinados com resonadores de Righi.

As posições dos nós e dos ventres marcavam-se a gis sobre a mesa; o comprimento do entre-nó dava para comprimento d'onda 66 centímetros.

Encostando á superficie metálica reflectora tábuas de pinho de 10^{cm} de espessura, os nós e os ventres mudam de posição.

Do comprimento do entre-nó nos differentes casos deduziu-se para comprimentos das ondas na madeira 37^{cm},7 sendo as fibras horizontaes, e 30^{cm},7 sendo as fibras verticaes.

Tendo Mack verificado, que a reflexão na face anterior da tábua não influe nos resultados encontrados, admittiu como se faz em Óptica, a differença de marcha dos dois raios, indicando os números 1,77 e 0,15 para valores dos índices de refração da madeira.

Como é de vêr, estes números sam sòmente approximados, porque o método comporta pouca precisão.

As experiências de Righi sam mais rigorosas.

Collocando entre o resonador e o oscillador uma tábua de pinho, de modo que as suas fibras fiquem inclinadas de 45° sobre o eixo de figura deste ultimo aparelho, reconhece-se em geral, fazendo gyrar de 360° o resonador em torno do respectivo eixo de rotação, que as faíscas nunca se extinguem por completo mas que apresentam um máximo e

um mínimo d'intensidade correspondentes a duas posições orthogonaes do resonador.

As ondas eléctricas, que nesta experiência sabem da madeira, vêem polarizadas ellipticamente.

A madeira comporta-se pois para com as ondulações eléctricas, como uma lâmina birefringente quando atravessada por um raio de luz polarizada rectilneamente.

Repetindo a experiência depois de no próprio plano ter feito gyrar de 45° a tábua de madeira, de modo que as suas fibras se tornem parallelas ou perpendiculares ao oscillador, os raios emergentes conservam a polarização rectilínea.

Collocando o resonador perpendicularmente ao oscillador, e fazendo a tábua descrever um círculo no próprio plano, acham-se duas direcções das fibras, perpendiculares entre si, para as quaes o resonador se conserva inactivo, como se a madeira não existisse, e duas outras a 45° com as primeiras, para as quaes se observam faíscas muito intensas.

Traçando na tábua as direcções parallelas ao oscillador, quando no resonador não ha faíscas, obtêm-se duas rectas perpendiculares, que como em Optica se podem chamar *linhas d'extincção*.

Uma d'estas linhas é parallela e a outra perpendicular ás fibras.

Quando o oscillador não fôr parallelo a qualquer das linhas d'extincção as radiações emergentes sam em geral polarizadas ellipticamente.

A excentricidade das ellipses depende da expesura da tábua.

Supponhamos outra vez as fibras da madeira orientadas de maneira a formarem um ângulo de 45° com o eixo de figura do oscillador. Se a tábua fôr delgada, se por exemplo tiver 3^{cm} de espessura, a ellipticidade é pequena e o azimúth do eixo maior da ellipse vem pouco inclinado sobre a primitiva direcção das vibrações.

Augmentando gradualmente a espessura da madeira a ellipse torna-se menos excéntrica, o que se reconhece pela diminuição da differença entre as intensidades das faíscas secundárias, quando o resonador se colloca segundo os eixos maior ou menor da ellipse. O eixo maior tende ao mesmo tempo a tomar uma posição normal ás fibras, posição que adquire sensivelmente, quando a tábua tem $13^{\text{cm}},7$ de espessura.

Deminuindo então o ângulo, que as oscillações incidentes fazem com a direcção das fibras, dando-lhe um valor de 22° proximamente, não se observam differenças d'intensidade nas faíscas do resonador, qualquer que seja o azimúth, em que elle se colloque; as vibrações emanantes da madeira estão pois polarizadas circularmente.

Uma tábua de madeira de pinheiro com $13^{\text{cm}},7$ de espessura é tal, que a differença de phase entre as duas componentes da vibração incidente, tomadas segundo as linhas d'extincção, é de $\frac{\pi}{2}$; póde portanto considerar-se como uma lâmina de quarto d'onda.

Tábuas mais grossas, de 17^{cm} de espessura por exemplo, produzem novamente a polarização elli-

ptica, como aconteceria em Optica na experiência correspondente.

Com o emprego de ondas eléctricas de pequeno comprimento conseguiu-se pôr em evidência phenomenos de dupla refração das ondas eléctricas produzida por corpos crystallizados.

Garbasso (1) serviu-se nas suas experiências dosapparelhos de Righi. O oscillador e o resonador collocavam-se em planos perpendiculares, de maneira que nenhuma faísca se podia observar neste último apparelho.

Garbasso examinou o comportamento de um crystal de espatho d'Islândia, de uma lámina de mica, e de tres lâminas de gesso, cujas espessuras eram respectivamente de 1^{cm}, 2, 3^{cm}, 5 e 4^{cm}.

As experiências deram resultados particularmente nítidos com as lâminas de gesso mais grossas, que permittiram verificar, que estes phenomenos sam regulados pelas mesmas leis, que regulam os phenomenos ópticos correspondentes.

Por serem pequenas as lâminas empregadas, usou-se duma chapa de ferro furada ao meio, com a fórma de um octógono regular, que servia de diaphragma e ao mesmo tempo de suporte das diferentes lâminas. A chapa collocava-se perpendicularmente á direcção das oscillações; fazendo-a appoiar successivamente sobre cada um dos lados do polygono imprimia-se de cada vez á lámina uma rotação de 45°.

(1) Garbasso, *Atti della R. Acc. della Scie. di Torino*, tom. xxx, pag. 708.

De maior interesse sam as experiências de Lebedew (1), que conseguiu obter ondas eléctricas tendo apenas $0^{\text{cm}},6$, cuja bifurcação é já possível em pequenos crystaes birefringentes.

O conductor primário era formado por dois cylindros de platina de $1^{\text{mm}},3$ de comprimento e $0^{\text{mm}},5$ de diâmetro, encerrados em tubos de vidro, e collocados na linha focál de um espelho cylindro-circular de 20^{mm} de altura, 12 de abertura e 6 de distância focál. Todas estas peças estavam mergulhadas num banho de petróleo, donde saíam as ondas por uma janella de quartzo.

Os raios emanantes do oscillador eram concentrados por um segundo espelho cylindro-parabólico sobre dois resonadores rectilíneos, cuja excitação era indicada pelo processo thermo-eléctrico de Klemencic.

O oscillador e o resonador montados sobre um goniómetro estavam na maior parte das experiências a 10^{cm} de distância um do outro.

Com este aparelho realizam-se muito facilmente todas as experiências fundamentaes d'Hertz.

No estudo da refração simplez empregou-se um pequeno prisma d'ebonite com $1^{\text{cm}},8$ de altura e $1^{\text{cm}},2$ de largura na face maior, pesando apenas 2 grammas.

Egualmente simplez eram as experiências de dupla refração, mesmo quando se empregavam meios crystallizados; o enxofre orthorhómbico foi

(1) Lebedew, *Wied. Ann.*, tom. LVI, pag. 1.
Journal de Physique, 3^{me} ser., tom. IV, pag. 568.

dos corpos examinados, o que deu melhores resultados.

Boltzmann tinha achado nestes cristaes tres eixos de dielèctricidade máxima, mínima e média. Dois prismas eguaes com $1^{\text{cm}},8$ de altura e $1^{\text{cm}},3$ de largura, e com um ángulo refringente de 25° , foram talhados em dois cristaes eguaes e bem des-envolvidos d' enxofre, de modo que a aresta do primeiro fosse parallela ao eixo de maior dielèctricidade, e a do segundo ao eixo de dielèctricidade mínima.

Os índices de refracção dos dois prismas eram respectivamente eguaes a 2,2 e 2.

Comparando estes números com os deduzidos da fórmula de Maxwell, vê-se, que elles concordam sensivelmente, porquanto as raizes quadradas das constantes dieléctricas achadas por Boltzmann sam respectivamente 2,18 e 1,95.

Dos índices de refracção achados póde calcular-se o ángulo de reflexão total sobre a ebonite para os índices médios de refracção do enxofre, e construir um Nicol para raios eléctricos.

Num parallelepipedo d' enxofre orthorhómbico, cujas arestas eram parallelas aos eixos de dielèctricidade, fez-se uma secção plana passando pelo eixo de máxima, e fazendo um ángulo de 50° com o eixo de mínima dielèctricidade. Entre as duas metades intercallou-se uma lâmina de faces parallelas d' ebonite.

Um ráio, que incida na direcção do eixo de dielèctricidade média, divide-se em dois, um dos quaes se reflecte totalmente na lâmina d' ebonite, de modo que só o outro é transmittido.

Com este Nicol pôdem repetir-se as experiências que em Optica se fazem com os Nícoes de espatho d'Islandia.

Lebedew talhou tambem uma lâmina de enxofre de 6^{mm} de espessura, que continha no seu plano os eixos de dielèctricidade máxima e mínima, perfeitamente análoga ás lâminas ópticas de quarto d'onda.

Bosc(1) tentou tambem verificar, se os crystaes, que deviam ser birefringentes para os raios luminosos, o sam tambem para as radiações eléctricas, que elle obtinha por meio de um pequeno carrete de Rhumkorff encerrado n'uma caixa metálica, e fazendo saltar a fâsca entre duas pequenas esferas, contidas na extremidade de um tubo de latão com 25^{cm} de comprimento, soldado numa das paredes da caixa.

Na outra extremidade deste tubo estava o polarizador constituído por uma grelha de finos fios de cobre.

O analysador era semelhante ao polarizador, e podia andar á roda dentro do tubo receptor, que tambem continha o receptor das ondas em comunicação com um galvanómetro.

O polarizador e o analysador cruzados não deixavam passar as radiações, e por isso o galvanómetro estava no zero.

Intercalando ás duas grelhas um grande crystal de beryllio, que é opaco para a luz, de modo que

(1) Bosc, *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, tom. LXIV, pag. 291.

Nature, *Rundschau*, tom. XI, pag. 191.

a secção principal fosse perpendicular ao seu plano, o galvanómetro soffria um desvio. Andando á roda com o crystal o galvanómetro voltava ao zero todas as vezes, que a sua secção principal era parallelá aos planos do analysador ou do polarizador. Se os raios incidiam na direcção do eixo, o galvanómetro permanecia immovel, mesmo que ao crystal se imprimisse um movimento de rotação.

Crystaes de apatite, nemalite, baryte e micro-lina, mostráram-se egualmente birefringentes. Um grande crystal de sal gemma era inactivo.

Deram tambem óptimos resultados as experiências com a turmalina preta; os dois raios refractados eram desegualmente absorvidos, sem que todavia nenhum delles se chegasse a extinguir, talvez por não serem os crystaes sufficientemente espessos.

Righi observou tambem a acção dos meios crystallizados sobre os raios de força eléctrica.

As lâminas a observar collocavam-se no meio de um grande diaphragma metálico, a fim de evitar a acção directa do oscillador sobre o resonador.

Em primeiro logar Righi empregou uma grande lâmina de selenite com as faces de clivagem natural, com 3 a 5^{cm} de espessura; depois de se certificar, examinando-a entre Nícoes cruzados, que a lâmina pertencia a um só crystal, talhou-a em forma de cylindro circular recto com 11 centímetros de diâmetro.

Procurando e traçando na lâmina as linhas de extinctão ópticas e electro-magnéticas, reconheceu-se, que estas direcções, proximamente perpen-

diculares entre si quando se empregam sòmente as radiações luminosas ou as oscillações eléctricas, não concordam umas com as outras.

Numerosas experiências, em que se empregáram várias lâminas de gesso igualmente talhadas, mostráram, que uma linha d'extincção dum dos systemas faz com as do outro ângulos variaveis, mas sempre comprehendidos um entre 36 e 40°, e portanto o outro entre 54 e 50°.

Esta não coincidência entre as direcções d'extincção das ondas luminosas e das ondas electro-magnéticas era de prever, porquanto se sabe, que as linhas d'extincção óptica sam as bissectrizes dos ângulos dos eixos ópticos, e que no gesso a sua posição varia com o comprimento d'onda das radiações. Não é pois de admirar, que as linhas d'extincção relativas ás ondas de 10^{cm},6 de comprimento não coincidam com as que correspondem ás pequenissimas ondulações luminosas.

Como se sabe, o gesso crystalliza no systema monoclinico e apresenta tres clivagens distinctas; uma muito facil, a clivagem principal, e duas outras mais difficeis, ás quaes chamaremos respectivamente clivagem fibrosa e conchoidal, em virtude do aspecto, que apresentam as superficies da clivagem nestas duas direcções.

O ângulo, que uma das linhas d'extincção óptica faz com a perpendicular á direcção da clivagem conchoidal, é, desprezando fracções, de 38°.

Observando as linhas d'extincção relativas ás ondas electro-magnéticas, que foram traçadas nas diversas lâminas de gesso, nota-se, que uma dellas

é sensivelmente parallela áquella direcção. A outra, por lhe ser perpendicular, coíncidirá portanto com um dos eixos crystallinos existentes no plano de symetria do crystal.

Esta coíncidência, que não se verifica empregando ondas luminosas, parece indicar, que a dupla refacção das ondas electro-magnéticas está mais intimamente ligada com as propriedades crystallográficas do que a dupla refacção das ondas luminosas.

Este resultado precisa porém de uma larga confirmação experimental, não só porque Righi empregou ondas sempre do mesmo comprimento, mas também porque experiências mais rigorosas mostram, que a concordância entre uma das linhas de extincção e um dos eixos crystallográficos, ou entre a outra linha e a direcção de clivagem conchoidal é apenas apparente. O ângulo que estas rectas fazem entre si é termo médio de 1° e $18'$.

Como em Optica, as ondas emanantes do oscilador atravessando uma lâmina birefringente polarizam-se em geral ellipticamente, se qualquer das direcções d'extincção não fôr parallela ás vibrações incidentes.

Este phenómeno póde estudar-se repetindo com uma lâmina de gesso, por exemplo, as experiências, que põem em evidência a polarização elliptica produzida pela madeira.

Como as de madeira de $13^{\text{cm}},7$ uma lâmina de gesso de $2^{\text{cm}},5$ de espessura é comparavel ás lâminas ópticas de quarto d'onda.

Augmentando pouco a pouco a grossura das lâminas collocadas entre o resonador e o oscillador reconhece-se, que, quando ellas attingem uma espessura comprehendida entre 5 e 6^{cm}, as vibrações emanantes da lâmina sam novamente rectilíneas. A uma lâmina destas póde pois, como em Optica, dar-se o nome de lâmina de meia onda.

Como dissemos, Righi achou, que no gesso um dos eixos do ellipsoide de elasticidade para as ondas electro-magnéticas é sensivelmente paralelo á clivagem conchoidal, outro coíncide com o eixo de symetria do crystal, e finalmente, que o terceiro quasi coíncide com um dos eixos crystallogrâphicos existentes no plano da clivagem principal.

Representando por n_1 , n_2 , n_3 , os índices de refracção correspondentes, e por L_1 , L_2 , L_3 , lâminas de gesso cujas faces sejam respectivamente perpendiculares aos tres eixos do ellipsoide, vê-se, que nas experiências descriptas sòmente se empregaram lâminas L_2 .

Com uma dellas se achou que a differença entre os índices n_1 e n_3 tem um valor comprehendido entre 0,88 e 1,06, suppondo que as lâminas de 5 a 6^{cm} de espessura se comportam como lâminas de quarto d'onda.

Para conhecer melhor o conjuncto de phenómenos de dupla refracção produzidos pelo gesso, Righi repetiu as suas experiências com lâminas L_1 e L_3 .

O comportamento das lâminas L_3 , perpendiculares á clivagem principal, e parallelas á clivagem conchoidal, é quasi idéntico ao das lâminas L_2 .

A espessura, que devem ter as lâminas L_2 para que se comportem como lâminas de quarto d'onda, está também comprehendida entre 5 e 6^{cm}.

As diferenças $n_1 - n_2$ e $n_1 - n_3$ são quasi eguaes, e portanto o índice n_1 relativo ao eixo de symetria approxima-se muito do índice n_3 relativo ao eixo perpendicular á clivagem conchoidal. A differença entre os dois índices é tam pequena, que Righi chegou a suppô-los eguaes.

Esta hypóthese não é verdadeira, como se demonstra sobrepondo duas laminas L_2 e L_3 da mesma espessura, de modo que a direcção da clivagem conchoidal da primeira fizesse um ângulo recto com a clivagem correspondente da segunda, e collocando-as entre o oscillador e o resonador de maneira que qualquer destas direcções fizesse um ângulo de 45° com a direcção das vibrações incidentes. As faíscas, embora pouco intensas, apparecem no resonador, o que não succederia se a dupla refração produzida pelas duas laminas fosse egual.

Para que as faíscas secundárias desapareçam, deve a lamina L_2 ser mais delgada um pouco que a lamina L_3 . Righi obteve este effeito quando estas espessuras eram respectivamente de 2,9 e 3 centímetros.

O ellipsoide de elasticidade embora seja de tres eixos approxima-se bastante de um ellipsoide de revolução em torno dum eixo paralelo á direcção da clivagem conchoidal.

Estando o valor $n_1 - n_3$ comprehendido entre 0,88 e 1,06 resulta desta última experiência, que a

differença $n_2 - n_3$ deve estar entre 0,03 e 0,04. Para que uma lâmina L_1 se comporte como uma lâmina de quarto d'onda, deve portanto ter uma espessura comprehendida entre 150 e 180 centímetros.

A experiência parece confirmar esta previsão, porquanto uma lamina L_1 de 3^{cm} produz, quando collocada entre o resonador e o oscillador, o mesmo effeito que uma lamina L_2 ou L_3 , que tivesse apenas um millímetro de espessura.

Righi promette continuar as suas investigações com o proposito de demonstrar para o gesso a egualdade dos indices n_2 e n_3 , e a concordância das direcções correspondentes aos eixos ópticos, isto é, com o fim de demonstrar, que o gesso se comporta para com as oscillações electro-magnéticas como os cristaes uniaxiaes para com a luz.

É bem de esperar, que este trabalho seja baldado, porque caso Righi conseguisse demonstrar com rigor a sua hypóthese, esse facto alteraria por completo as ideas, que hoje em dia temos sobre as propriedades dos meios crystallizados.

8. Experiências, que não dêram resultado. Outras experiências foram tentadas mas sem resultado. Assim o vidro comprimido até á pressão de 547 chilogrammas por centímetro quadrado, não produz, como em Optica, a dupla refração das ondas electro-magnéticas. O mesmo diremos do mármore e das tábuas de pinheiro, cujas faces eram perpendiculares ás fibras.

Um disco de quartzo dextrogyro, talhado perpendicularmente ao eixo, não polariza rotatóriamente as oscillações eléctricas. Uma camada de alguns decímetros de espessura de essência de terebentina não deu melhores resultados.

Righi tentou finalmente obter com as ondas electro-magnéticas um effeito análogo ao phenomeno de Kerr, fazendo reflectir as radiações num polo de um electro-magnete, mas os resultados obtidos não fôram decisivos.

Estes resultados negativos não invalidam de modo algum a theoria electro-magnética da luz; mostram apenas, que alguns effeitos sam inapreciaveis, quando o comprimento das ondas empregadas ultrapassa certos limites.

O mau resultado das tentativas de polarização rotatória era até mesmo de prever, em virtude das leis de Biot.

Uma lâmina de quartzo, que, segundo a fórmula de Boltzmann, produz uma rotação de 884° do plano de polarização da luz da risca D, produzirá uma rotação de uma pequena fracção do grau do plano de polarização de ondas, cujo comprimento seja de $10^{\text{cm}},6$, como eram as empregadas nas experiências de Righi.

ÍNDICE

Introducção	pag. 1
-----------------------	--------

CAPÍTULO I

MODO DE OBTER OSCILLAÇÕES

1. Experiências de Feddersen	9
2. Experiências de Paalzow	11
3. Experiências de Mouton	12
4. Experiências de Hertz	13
5. Influência da luz	17
6. Experiências de Lodge	31
7. Experiências de Righi	32
8. Experiências de Nicolau Tesla	37

CAPÍTULO II

PROPAGAÇÃO DAS OSCILLAÇÕES

1. Resonância eléctrica	45
2. Velocidade de propagação das oscillações nos fios e no ar	53
3. Propagação das oscillações nos dieléctricos . .	83

CAPÍTULO III

RAIOS DE FORÇA ELÉCTRICA

1. Propagação rectilínea	90
2. Phenómenos d'interferência	91
3. Difracção	102
4. Transparência e opacidade	107
5. Reflexão	111
6. Refracção simplez e reflexão total. Dispersão .	120
7. Dupla refração	130
8. Experiências que não déram resultado . . .	143

CORRIGENDA

Pag.	Lin.	Erros	Emendas
7	5	luminosas	eléctricas
15	4	elcétricas	eléctricas
15	21	etelectricidade	electricidade
18	8	elctriza	electriza
23	1	Wiedmann	Wiedemann
23	25	exergam	enxergam
26	22	mierométrico	micrométrico
39	22	central eléctrica cen- tral	eléctrica central
51	10	phenómenonão	phenómeno não
85	13	n.º 1	n.º 2
94	9	C	c
120	10	a	e
134	nota	della	delle

OSCILLAÇÕES ELÉCTRICAS

II Efeitos das oscillações

POR

A. A. M. VELLADO ALVEZ PEREIRA DA FONSECA

DOUTOR EM PHILOSOPHIA NATURAL



COIMBRA
TYPOGRAPHIA FRANÇA AMADO

1897

DISSERTAÇÃO PARA CONCURSO

A UM

LOGAR DE LENTE SUBSTITUTO

DA

Faculdade de Philosophia Natural

DA

UNIVERSIDADE DE COÍMBRA

1

Wormen 26 May 1941

II

EFFEITOS DAS OSCILAÇÕES

CAPITULO I

EFFEITOS DE TESLA

Está ainda na memória de todos aquelles, que se empenham pelos progressos da sciência o interesse despertado em 1892 pelas conferências feitas na Europa por Nicolau Tesla.

Póde dizer-se, que as experiências então apresentadas suscitaram a curiosidade universal; abrindo aos physicos e aos physiologistas um caminho até ahi pouco explorado, promettiam ao público uma completa revolução nos actuaes systemas de iluminação e aquecimento.

As conferências de 21 de maio de 1891 no «American Institute of Electrical Engineers» e as que realisou, a pedido, em Inglaterra na «Institution of Electrical Engineers» e na «Royal Institution», e em França na «Société Internationale des Eléctriciens» e na «Société Française de Physique» representam outros tantos triumphos para o illustre electricista, cuja fama a imprensa diária se encarregou de espalhar pelo mundo inteiro.

Regressando á América, Tesla fez ainda mais duas conferências; uma em fevereiro de 1893 no «Franklin Institute of Philadelphia» outra, em S. Louis, no «National Electric Light Association», onde foram poucos os 5:000 logares destinados ao público. tal era o interesse em conhecer as novas experiências.

Occupámo-nos já noutro logar (1) dosapparelhos empregados por Tesla para obter altas frequências e elevados potenciaes.

Vejamos agora as principaes experiências por elle apresentadas (2).

PHÉNOMENOS ELECTRO-ESTÁTICOS

1. Fórmás da descarga. Fazendo atravessar um carrete d'inducção por correntes alternativas de

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 37.

(2) *The inventions, researches and writings of Nikola Tesla*, by Thomas Commerford Martin, New York, 1894.

Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz zusammengestellt von Etienne de Fodor, Leipzig, 1894.

Revue générale des Sciences pures et appliquées, tom. iv, 1893, pag. 209 — *Hauts potentiels et hautes fréquences électriques*.

Revue Scientifique, tom. XLIX, 1892, pag. 307 — *L'éclairage par les courants à alternances rapides et à haut potentiel*.

Journal de Physique théorique et appliquée, 3^{me} série, tom. II, 1893, pag. 126. *Notice sur les expériences de M. M. Elihu Thomson et Tesla*.

grande frequência, os primeiros efeitos observados são análogos aos fenómenos luminosos produzidos pelas descargas eléctricas de grande tensão.

A' proporção, que augmenta o numero de inversões da corrente por segundo o aspecto da descarga varia, sendo possível distinguirem-se cinco fórmās diferentes.

Em primeiro logar, quando o carrete é atravessado por correntes fracas mas bastante frequentes, estabelece-se entre os seus polos um arco de descarga, com o aspecto dum delgado filete luminoso ligeiramente corado.

Este arco é muito sensível; basta respirar nas proximidades do carrete para o ver desviar da sua posição. Mesmo quando protegido das correntes de ar oscilla constantemente, o que provavelmente é devido á acção das poeiras existentes na atmosphera.

Approximando os polos do carrete de modo, que o intervallo entre elles se reduza pròximamente a um terço da distância explosiva, sòmente com difficuldade se consegue extinguir este arco embora elle seja fortemente soprado.

Esta estabilidade póde attribuir-se á pouca resistência, que a superficie de tam delgado filete offerece á massa d'ar deslocado.

Augmentando a corrente primária o filete alarga, transformando-se num arco branco muito brilhante, tam extenso como o carrete e tam grosso como um dedo.

E' muito sensível o calor desenvolvido, mas o que caracteriza esta espécie de descarga é a au-

sência dum som alto, que é sempre produzido pelas faíscas menos poderosas.

Augmentando mais a frequência, eleva-se também o potencial, e o carrete adquire pouco a pouco as propriedades das máquinas electro-estáticas, até que se obtem a *descarga irradiante*.

Desde este momento de todos os pontos do carrete sahem penachos luminosos, que abundam também no espaço comprehendido entre o fio primário e o tubo isolador do secundário.

Sendo o potencial muito elevado, estas descargas em penacho têm sempre logar, ainda no caso de ser pequena a frequência, e mesmo que o fio primário do carrete esteja isolado por camadas duma pollegada d'espessura de cera, de cauchú, de vidro ou de qualquer outro isolador.

Este phenomeno, que limita o emprego do carrete foi evitado por Tesla isolando, como se sabe (1), com particular cuidado o seu transformador.

A intensidade destas apparencias luminosas depende também da frequência e das dimensões do carrete; se este fôr de grandes dimensões as faíscas podem apparecer mesmo, que as correntes alternem poucas vezes por segundo.

E' o que Tesla verificou num carrete com uma resistência de 67.000 ohms, cujo fio primário era isolado por uma camada d'ebonite de 19^{mm} d'espessura; os penachos luminosos observavam-se

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 42.

quando o número de inversões por segundo era inferior a 100.

Sendo intensas as apparencias luminosas, ouve-se um ruído análogo ao produzido pelas máquinas d'Holtz, mas muito mais intenso, ao mesmo tempo que se produzem grandes quantidades de ozono, que se revela pelo cheiro alliáceo espalhado na atmosphera.

Approximando mais os polos do carrete e augmentando ainda a frequência, obtem-se um feixe de pequenas faíscas dum branco argentino, que é talvez a forma mais bella destas descargas.

Finalmente, augmentando a frequência além de certo limite, observa-se a quinta forma da descarga.

Neste caso o carrete somente dá faíscas quando os polos estiverem muito próximos; a tendência para a dissipação da carga é tal, que mesmo produzindo-se os penachos luminosos nos polos não é possível tirar faíscas do carrete quando d'elle se approxima a mão ou qualquer outro conductor.

2. Acção dos dieléctricos. Neste caso os penachos luminosos parecem gosar da propriedade de atravessar com a maior facilidade grandes espessuras de corpos maus conductores.

Para observar este effeito é conveniente ligar aos polos do transformador duas esferas metálicas, que se possam approximar ou afastar, á vontade.

Estando as esferas em contacto e interpondo-lhes uma lâmina d'ebonite, a descarga produz á sua superfície um círculo luminoso de alguns centímetros de raio.

A passagem da corrente aquece e, passado pouco tempo, amollece a ebonite a tal ponto, que se póde por este processo soldar duas ou tres lâminas desta substância.

Sendo o intervallo entre as duas esferas bastante superior á distância explosiva, vê-se passar a descarga com a fórma de penachos luminosos logo que entre ellas se colloque uma espessa lâmina de vidro.

A descarga parece effectuar-se através da massa do dieléctrico, mas na realidade não é assim.

Tesla attribue a formação destes raios luminosos á violenta agitação das moléculas d'ar, no espaço comprehendido entre as superfícies das duas esferas carregadas de eléctricidades contrárias.

Quando entre as esferas sòmente existe ar, produz-se do mesmo modo o bombardeamento, mas demasiadamente fraco para ser visivel; interpondo-lhes um outro dieléctrico, augmenta o poder inductor, ao mesmo tempo que as moléculas d'ar projectadas encontrando um obstáculo, tornam o bombardeamento tam intenso, que se produzem os effeitos luminosos.

Tesla suppõe, que se obteria o mesmo phenómeno se por quaesquer processos mechânicos podéssemos imprimir ás moléculas d'ar uma agitação tam violenta, como a produzida pela descarga do seu transformador.

Lembra tambem, que uma corrente d'ar muito comprimido esgotando-se por um pequeno buraco pôde tornar-se luminosa, caso incida num dieléctrico tal como o vidro, e que por este processo seria talvez possível produzir a phosphorescência daquelles corpos.

A acção dos dieléctricos é tanto maior, quanto maior fôr o seu poder inductor específico; é por isso, que os penachos apparecem com potenciaes muito elevados mesmo quando a lâmina de vidro tenha 5^{cm} d'espessura.

Por outro lado o aquecimento produzido pelo bombardeamento é maior no vidro que na ebonite; quando a temperatura attinge certo valor, a descarga chega a abrir caminho atravez do vidro, e o arco retoma a fôrma primitiva.

Ligando aos polos do carrete um tubo de vidro com eléctrodos metállicos na parte externa, e esvaziando-o tanto quanto possível, vê-se que os eléctrodos se aquecem rapidamente, e que as extremidades do tubo se tornam muito phosphorescentes, emquanto que a parte média se conserva escura e durante algum tempo fria.

3. Comparação da descarga dos transformadores com a das máchinas electro-estáticas. Se em muitos pontos se assemelham, as descargas irradiantes dos transformadores d'alta tensão differem tambem em muitos outros das descargas das máchinas electro-estáticas.

A côr dos penachos não é violeta como os penachos positivos, nem branca e brilhante como o dos negativos; é uma côr mixta resultante, sem dúvida, da rápida inversão dos polos.

O vento produzido pelas correntes, apesar de poder sentir-se a certa distância do carrete é sempre, porporcionalmente á intensidade da descarga, menor que o produzido pelo fluxo da electricidade positiva das máchinas electro-estáticas.

Pela natureza do phenómeno póde concluir-se, que o vento produzido pelo carrete será tanto menor quanto maior fôr a frequência e que o phenómeno deixará de ser sensivel, ás pressões atmosphéricas ordinárias, quando ella exceda certo limite.

Com as frequências obtidas pelas máchinas de Tesla os effeitos sam sufficientes para fazer gyrrar com grande velocidade grandes torniquetes, que se ligam aos polos do carrete.

Cada haste do torniquete despede numerosas faíscas, de modo que na obscuridade, tomam o aspecto de rodas de fogo.

Ligando o conhecido radioscópio de Crookes a um dos polos do transformador o fio de platina torna-se immediatamente incandescente e as palhetas de mica gyrram como se o radioscópio fosse atravessado pela corrente duma bateria.

Esta experiência porem só dá resultado quando no interior do aparelho se tenha feito o vazio em alto grau, ou quando lá exista ar pròximamente á pressão ordinária.

Tesla attribue este phenómeno á conductibilidade do ar, que recebe a maior parte da corrente transmittida pelo fio conductor.

Com os carretes d'inducção atravessados pelas correntes alternativas podem, em geral, repetir-se as experiências, que ordinariamente se fazem com as máchinas electro-estáticas. Os effeitos produzidos sam porem mais enérgicos, devido ao grande poder destas descargas.

Ligando a um dos polos do carrete um pedaço de fio de cobre coberto d'algodão, os penachos, que partem de toda a superficie, sam tam intensos, que produzem um bello effeito luminoso.

Sendo elevados o potencial e a frequência, um fio isolado com cauchú parece, nas mesmas circunstancias, revestido por uma bainha incandescente.

Substituindo estes fios por um outro nu, muito delgado, vê-se, que elle emite tambem poderosos penachos, e oscillando pendularmente ou descrevendo uma superficie cónica, produz um magnífico effeito luminoso.

Outro facto curioso, que se dá com as descargas oscillantes muito rápidas dum carrete d'inducção, é o seu comportamento nos conductores terminados em ponta ou em esphera.

Sabe-se, com effeito, que se um conductor de certa espessura terminado em ponta numa extremidade e em esphera na outra, se puzer em communicação eléctrica com uma máchima electro-estática, a carga se esgotará totalmente pela ponta, em virtude da grande tensão que a electricidade ali adquire.

Um conductor idéntico, ligado a um dos polos dum carrete d'inducção, deixa indifferentemente escapar a electricidade por qualquer das extremidades.

Difficilmente se concebe, que se possa obter um effeito semelhante com as máchinas electro-estáticas, porque augmentando a tensão como o quadrado da densidade, inversamente proporcional por sua vez, ao raio de curvatura, seria necessária uma carga infinitamente grande, para que com um determinado valor do potencial, se podessem tirar faíscas duma esphera em communicação com uma ponta.

Com as descargas alternativas as coisas passam-se doutra fôrma, porque alem da tendência da electricidade para se escapar para o ambiente, dependente, como se sabe, do raio de curvatura, ha a tendência para a dissipação pelo ar, que envolve o conductor, por uma acção condensante, que é dependente da extensão da superficie.

Estas acções sam inversas; uma tem o máximo valor quando a outra fôr mínima.

O penacho luminoso produzido na ponta é principalmente devido ás vibrações das moléculas d'ar, que por ella sam alternadamente attrahidas e repellidas, carregadas e descarregadas. E' um phenómeno de convexão.

Na esphera, pelo contrario, o effeito produzido é um phenómeno d'inducção, não se tornando indispensavel que as moléculas d'ar cheguem ao contacto do conductor, para se poderem observar os effeitos luminosos.

Tesla demonstrou experimentalmente este modo de ver, mostrando, que se augmenta a descarga da esphera envolvendo-a por um conductor isolado, o que corresponde a augmentar o seu poder condensante.

Em virtude desta propriedade, consegue-se produzir por meio de pontas, effeitos análogos aos obtidos com corpos de grande capacidade.

Assim, ligando a um dos polos do carrete um fio metálico coberto de pontas, pôde fazer-se com que o potencial do transformador attinja o mesmo valor, que atingiria se ao mesmo polo se ligasse uma esphera cuja superficie fosse muitas vezes superior á superficie total do fio.

4. Chammas eléctricas. Substituindo os polos ordinários do carrete por duas columnas metálicas, perfeitamente isoladas por uma espessa camada d'ebonite, obtêm-se na parte superior dois penachos luminosos, muito extensos, de côr branca na parte inferior, e que ás escuras se assemelham extraordinariamente ás chammas do gaz d'illuminação, com as quaes têm ainda de commum a propriedade de apresentarem uma elevada temperatura.

Esta experiência demonstra a possibilidade de obter verdadeiras chammas por processos differentes dos processos chymicos, em que ha sempre transformações de matéria.

Pena é, que este systema d'aquecimento não seja ainda susceptivel de ser empregado correntemente.

Para que as chammas eléctricas se tornassem d'uso facil e commum precisaríamos de aperfeiçoar os processos de produzir potenciaes elevados e enormes frequências, demasiadamente fortes para osapparelhos até hoje construídos.

Tesla attribue o calor desenvolvido neste phenomeno aos choques produzidos entre as extremidades dos conductores e as moléculas d'ar, bem como ás collisões que entre ellas se dam; admite tambem, que nas chammas ordinárias se passea um phenomeno análogo, extranhando, que somente depois de tantos séculos de familiaridade com a chamma, se reconhecesse ter o homem tido ao seu dispôr, desde tempos immemoriaes, o calor e a luz eléctrica.

Segundo Tesla todas as chammas ordinárias seriam o resultado duma acção electro-estática molecular.

O phenomeno das chammas eléctricas permite dar uma explicação plausivel dum certo numero d'incêndios, produzidos durante trovoadas, em edificios ou objectos não attingidos pelas faíscas eléctricas.

Num prego dum telhado ou em qualquer outra ponta conductora por sua natureza ou pela humidade que a reveste, póde apparecer um poderoso penacho luminoso, de que sam exemplo os fogos de Sant'Elmo, tam conhecidos dos navegadores.

Dando-se nas vizinhanças uma descarga eléctrica, o potencial póde alternar milhões de vezes por segundo, e as moléculas d'ar, violentamente attrahidas e repellidas, podem produzir um aqueci-

mento tam violento, que incendeie os objectos próximos.

Esta explicação não será difficil de acceitar, se nos lembrarmos dos poderosos effeitos caloríficos produzidos pelas correntes de frequência relativamente pequena, fornecidas pelas máchinas dynamo-eléctricas, cujos potenciaes não excedem 200.000 volts.

Limitando a atmospherá em torno dos conductores, os effeitos thérnicos tornam-se mais violentos.

Encerrando; por exemplo, num globo de vidro, uma haste, ou antes um fio metálico, em comunicação com um dos polos do transformador vê-se, que estes corpos se tornam immediatamente incandescentes.

Sendo pouco elevado o potencial, o fio toma um movimento irregular; augmentando-o pouco a pouco, a extremidade livre descreve ellipses, que se convertem em circumferências cujo raio cresce com a intensidade e frequência das correntes.

Estes movimentos sam, por certo, devidos a choques moleculares e á irregularidade da distribuição do potencial proveniente das asperesas e asymetria do fio.

Com um fio perfeitamente homogénio e bem polido é provavel, que estes movimentos não tivessem logar.

A falta de orientação dos movimentos e o não se terem observado no interior de globos esvaziados, prova bem, que elles devem ser attribuídos àquellas causas.

Fazendo atravessar o transformador pelas descargas oscillantes das garrafas de Leyde, obtêm-se também curiosíssimos effeitos. Esta disposição tem também a vantagem de dispensar a instalação dispendiosa e por vezes incómoda das máquinas de correntes alternativas, que nem sempre cabem nos laboratórios.

Duas hastes metálicas parallelas ligadas aos polos do carrete formam entre si uma superficie luminosa continua, particularmente brilhante nas proximidades dos conductores.

Do mesmo modo, dois fios de cobre isolados por algodão, prolongando-se parallelamente á distancia de 30^{cm} por um espaço de 10^m, tornam-se luminosos, quando em communicação com o carrete, a ponto de se poderem distinguir perfeitamente todos os objectos existentes numa sala.

O effeito depende do comprimento dos fios, que é funcção do potencial e do número d'inversões das correntes.

Para repetir esta experiência, é por isso conveniente dar aos fios um comprimento exageradamente grande, que pouco a pouco se deve reduzir até obter uma illuminação máxima.

A intensidade luminosa augmenta quando os penachos se fazem condensar numa pequena superficie.

E' assim, que ligando a um dos polos um fio de latão dobrado numa das extremidades em circumferência, com 30^{cm} próximamente de diâmetro, e ao outro polo um fio terminado por uma esphera cuja superficie seja approximadamente egual á do

annel metálico, e cujo centro esteja numa perpendicular ao centro do plano do anel, fórma-se um cone luminoso, e a superficie da esphera comprehendida entre as suas geratrizes illumina-se tambem fortemente.

O effeito é máximo, quando a superficie da esphera fôr egual á superficie total do anel.

E' tambem possivel obter grandes effeitos luminosos, concentrando, por meios apropriados, as descargas em superficies muito pequenas.

Como neste caso a capacidade é tambem, em geral, pequena, é conveniente augmentá-la, o que se consegue por vários processos.

Tesla, dobrando dois fios muito delgados, nus ou isolados, o que para o caso é indifferente, de modo que formassem um nome (o de sir William Thomson na conferencia da «Institution of Electrical Engineers») collocou-os sobre duas láminas de cauchú endurecido revestidas na parte posterior por folhas delgadas d'estanho, electricamente ligadas por um fio metálico.

Retinindo os fios aos polos do carrete, e fazendo variar convenientemente a intensidade e a frequência da corrente, é possivel tornar os fios tam luminosos, que o nome escripto se veja a grandes distancias.

Dando a fórma de circunferencia ás extremidades de dois grossos fios de latão, de modo que os raios respectivos sejam de 30 cm e de 80 cm, e dobrando as outras extremidades, de modo que os dois circulos fiquem no mesmo plano, quando ligados aos polos do transformador, obtem-se entre

elles uma coroa circular luminosa, contínua e muito fixa, que illumina perfeitamente grandes espaços.

Como na experiência das duas columnas, o brilho da superficie é máximo nas proximidades dos conductores.

Embora não estejam descriptas, muitas outras experiências do mesmo género se poderiam effectuar para pôr em evidência estes curiosissimos efeitos das correntes alternativas.

Compreende-se bem, que fazendo variar a forma dos conductores ligados aos polos do transformador se podem obter muitas outras figuras, todas ellas dum brilho extraordinário.

55. Descarga dos transformadores. Grande parte destas experiências foram repetidas por Himstedt (1), que empregou as oscillações d'Hertz com a disposição de Lecher, substituindo as lâminas metálicas por duas garrafas de Leyde, cujas armaduras externas communicavam com o carrete primário do transformador de Tesla.

Verificou-se com esta disposição, que, como já Ebert e Wiedemann tinham observado com as oscillações d'Hertz, a illuminação dos tubos de Geissler não é igual á obtida com os carretes d'inducção ordinários.

Neste caso é possível distinguir a luz cathódica, o espaço escuro e a luz anódica, enquanto que

(1) *Wied. Ann.*, tom. LII, 1894, pag. 473.

ligando um tubo nos polos dum transformador de Tesla, observa-se luz cathódica em ambas as extremidades, ficando o meio uniformemente illuminado por luz anódica, qualquer que seja o sentido da corrente primária.

Um crystal de aragonite, collocado no interior do tubo, torna-se luminoso nas duas extremidades.

Estes phenomenos levaram Himstedt a examinar a luz irradiada dos dois polos.

Isolando um dos polos dum carrete ordinário d'inducção e munindo o outro duma ponta da qual se approxime um electrôscópio de folhas d'ouro, vê-se, que este apparelho se carrega positiva ou negativamente, segundo o sentido da corrente primária.

Procedendo do mesmo modo com o transformador d'alta tensão, o electrôscópio carrega-se sempre positivamente, qualquer que seja o polo de que se approxime.

Como nos polos do transformador têm lugar rápidas variações de potencial, que é ora positivo ora negativo, deve concluir-se, que nas descargas deste apparelho no ar predomina a electricidade positiva.

Para examinar o comportamento de differentes gazes, ligou-se a um dos polos do transformador um conductor isolado para obter em toda a sua extensão, excepta na ponta, que terminava num frasco de Woulff, cujo fundo continha uma porção de mercúrio em communicação com um electrôscópio.

Introduzindo successivamente no frasco, oxygénio, hydrogénio, azoto, anhydrido carbónico, am-

moníaco e gaz d'illuminação, notou-se, que, como com o ar, o electroscópio tomava uma carga positiva com o oxygenio e negativa para todos os outros gazes.

A grandeza da carga variava tambem nos diferentes casos, embora fossem as mesmas as condições de funcionamento do transformador.

Repetindo as experiências com um carrete de Rhumkorff, demonstrou-se, que em todos aquelles gazes a mudança de sentido da corrente primária trazia sempre consigo a mudança de signal na carga do electroscópio, sendo contudo a carga negativa superior á positiva em identidade de circunstâncias.

Distribuindo os gazes em série ordenada segundo as respectivas capacidades de favorecerem o escoamento da electricidade negativa, comparado com o da electricidade positiva, obtem-se, como nas experiências com as correntes de Tesla, uma série cujos termos extremos sam o ar e o ammoníaco.

Com a electricidade estática tinha Wisendonck achado um excesso de escoamento d'electricidade negativa no ar e no hydrogénio.

Harvey e Hird (1), ligando aos polos dum transformador de Tesla um prato e uma ponta metálica, viram saltar entre elles vivas faíscas, e reconheceram por meio dum electroscópio, que o prato se carregava sempre positivamente.

(1) W. H. Harvey and F. Hird, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvi, 1895, pag. 45.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. iii, 1894, pag. 284.

Repetindo as experiências de Himstedt acharam, que os diferentes gases se comportavam sempre do mesmo modo, embora tivessem feito variar entre extensos limites as condições de potencial e frequência.

CAPITULO II

EFFEITOS DE TESLA

ILLUMINAÇÃO PELAS CORRENTES ALTERNATIVAS

1. Lâmpadas bipolares. Os effeitos precedentemente descriptos foram, por assim dizer, accidentalmente observados por Tesla, cuja attenção era principalmente dirigida no sentido de obter um systema económico d'illuminação empregando as correntes alternativas de grande frequência.

Em primeiro logar lembrou-se Tesla de aproveitar os effeitos electro-estáticos do seu transformador, tornando incandescente qualquer corpo difficilmente fusivel, que se encerrava num balão de vidro donde se tenha extrahido uma porção d'ar.

As moléculas de gaz, animadas de enormes velocidades, chocando o corpo muitas vezes por segundo, actúam como milhares de pequenos martellos, que em pouco tempo o aquecem a tal ponto, que o corpo se torna luminoso,

Empregando potenciaes elevados e grandes frequências, é também possível perturbar o ether ou as cargas eléctricas das moléculas gazosas e fazê-las vibrar com energia sufficiente para produzirem luz.

Infelizmente, com os apparatus actuaes, não é possível exceder certos limites de frequência, além dos quaes o potencial é tam elevado, que se torna perigoso.

Demais, demonstra a experiência, que empregando estas frequências extraordinariamente elevadas, os efeitos luminosos sam menores, que os obtidos com frequências inferiores.

Poder-se-hia suppôr, attenta a explicação, que Tesla dá do aquecimento produzido pelas correntes alternativas, que os corpos encerrados em tubos tam esvaziados quanto o permitem os processos actuaes, se tornam difficilmente incandescentes.

A experiência demonstra porem o contrário. Os corpos incandescem com tanta mais facilidade quanto menor fôr a pressão gazosa no interior do tubo.

Tesla attribue estas acções caloríficas, manifestadas no interior de tubos tam esvaziados, que as descargas dos carretes ordinários os não atravessam, a uma acção condensante, sòmente produzida pelos elevados potenciaes originados pelas correntes de grande frequência.

E' também provavel, que mesmo neste caso, o bombardeamento molecular represente ainda um papel importante no aquecimento, porque apesar de ser insignificante a quantidade de moléculas

d'ar contidas no tubo, sendo menor o número de colisões entre ellas, as suas velocidades serão maiores e mais enérgicos portanto os efeitos produzidos.

Regulando convenientemente a pressão, a frequência e as dimensões do transformador, pôde fazer-se attingir qualquer grau d'incandescência aos corpos encerrados nas lâmpadas de Tesla, o que não succede com as lâmpadas ordinárias em que a temperatura se não pôde elevar além de certos limites sem destruir os conductores.

Esta resistência traduz-se num grande augmento do poder illuminante, que, como se sabe, é em parte função da temperatura do conductor.

Os filamentos das lâmpadas ordinárias d'incandescência sam tambem substituidos por bastonetes de carvão ou por substâncias difficilmente fusiveis, como as constituídas pela mistura de carvão com óxydos de terras raras, capazes por isso de supportar elevadíssimas temperaturas.

Como Tesla demonstrou experimentalmente, estas substâncias refractárias gosam da propriedade de, para um dado potencial, adquirirem uma temperatura mais elevada, que a indicada pelo cálculo.

Talhando os filamentos de modo que seja pequena a superficie irradiante, consegue-se conservar uma vivíssima incandescência com um dispêndio relativamente insignificante d'energia.

Estas lâmpadas que, como se vê, pouco differem das antigas lâmpadas de incandescência, têm sobre ellas immensas vantagens, que tendem a generalizar o seu emprego.

Além do grande poder illuminante, são económicas pelo tempo que duram, não só pela resistência dos seus conductores como também por não estarem sujeitas a deteriorarem-se pelas variações rápidas da intensidade da corrente.

2. Lâmpadas unipolares. Efectos do bombardeamento molecular. O emprego das correntes alternativas de grande frequência permitiu a Tesla a transmitir a energia eléctrica através dum só fio conductor, e a construção de lâmpadas unipolares contendo um único filamento, que se torna incandescente quando em comunicação eléctrica com um dos polos do transformador.

Estas lâmpadas, além da estabilidade e duração dos primitivos modelos, apresentam a vantagem de se installarem muito economicamente, pois só em conductores das correntes se poupa 50 %.

Estando o filamento incandescente, sente-se um choque mais ou menos violento cada vez que se approxima a mão do globo luminoso, sem que contudo haja exemplos destes choques terem sido prejudiciaes àquelles que os têm recebido.

Sendo muito elevada a frequência das correntes primárias ouve-se também um som mais ou menos alto, produzido provavelmente pelas attracções e repulsões das moléculas d'ar electrizadas por indução, através do vidro.

No intuito de aperfeiçoar quanto possível a illuminação por meio destas lâmpadas, construíram-se vários modelos todos elles satisfazendo á

condição de se illuminarem quando ligados por um só conductor a um dos polos do transformador de Tesla.

Um dos typos primeiramente apresentados compunha-se dum delgado fio conductor, terminado por uma pequena esphera duma substância refractária e envolvido até certa altura por um estreito tubo de vidro, revestido exteriormente por uma delgada folha d'alumínio e interiormente por várias camadas isoladoras constituídas por folhas de mica.

Este systema era envolvido por um pequeno balão de vidro, analogo ao das lâmpadas ordinárias, atravessado somente pelo fio conductor, onde se rarefazia mais ou menos o ar.

Com o fim de augmentar o poder illuminante, accrescentou-se depois a esta lâmpada, na parte externa do collo do balão, um novo tubo metálico revestido externamente por uma camada de substância isoladora, na base da qual um pequeno buraco dá passagem ao fio conductor da corrente.

E' de toda a conveniência diminuir tanto quanto possível o bombardeamento contra o pequeno tubo, que envolve o fio conductor; para o conseguir deve empregar-se um fio muito delgado e curto, revestido por uma grossa camada de vidro ou de qualquer outra substância isoladora.

As lâmpadas, que melhor satisfazem a estas condições, constam dum largo tubo de vidro soldado a um outro de menor diâmetro por uma das suas extremidades.

O tubo mais delgado, protegido contra o aquecimento por uma folha d'alumínio e várias camadas de mica, é completamente envolvido por uma esphera de vidro, que se solda ás paredes do tubo mais largo.

Este tubo deve encher-se completamente com uma substância isoladora, aliás quebra-se, em virtude do calor desenvolvido pelos penachos luminosos, que se formam na extremidade introduzida no balão, e que sam tanto mais poderosos quanto mais perfeito fôr o vazio.

Tesla recommenda para este effeito o pó de mica muito fino, com que obteve os melhores resultados.

Como exemplo dos contratempos produzidos pelo bombardeamento molecular, citaremos um facto bastante curioso observado várias vezes por Tesla no decurso das suas experiências.

Introduzindo num balão das lâmpadas um corpo conductor, um pedaço de carvão por exemplo, suspenso dum fio de platina soldado ao collo do balão, em que se tenha feito o vazio em alto grau, nota-se, que o carvão se torna muito incandescente quando ligado a um dos polos do transformador d'alta tensão.

Sendo pequenas as suas dimensões, o corpo póde adquirir no principio da experiência um brilho extraordinário, que pouco dura; neste estado é possível, que a descarga, apesar da perfeita ligação entre o fio de platina e o carvão, se faça entre o fio e o collo do balão debaixo da forma de faíscas muito enérgicas.

As faíscas, que primeiramente saltam sam tam brilhantes como as produzidas na superfície brilhante do mercúrio, mas, como aquecem rapidamente o vidro, o seu brilho também depressa diminue até se extinguir por completo, quando, no ponto ferido, o vidro se torna incandescente ou pelo menos aquece bastante para se tornar conductor.

Este phenómeno, que desperta muito interesse quando observado pela primeira vez, mostra bem quam differente é o comportamento das correntes alternativas de grande frequência do das correntes contínuas ordinárias, incapazes de produzir semelhante effeito.

Tesla supõe, que a ruptura do invólucro da lâmpada provocada pelas correntes alternativas, obtidas por processos mechânicos, é uma consequência apenas do bombardeamento, que aquecendo o vidro destroe o seu poder isolador; mas não duvida, que o vidro estale sem prévio aquecimento, caso se empreguem oscillações muito rápidas provenientes da descarga de condensadores.

Com effeito, nestas circunstâncias a energia transmittida ao fio encerrado na lâmpada perde-se, em parte por uma acção directa, através do carvão, e outra parte através do vidro, que envolve o conductor.

O caso é análogo ao dum condensador em comunicação com uma fonte de correntes alternativas, tendo as armaduras reünidas por um conductor de pequena resistência.

Como foi posto em evidência por Lodge (1), emquanto a frequência é pequena, a transmissão faz-se pelo conductor, mas quando ella se eleva além de certo limite, o papel do conductor é insignificante, e a differença do potencial nas duas armaduras attinge um valor tal, que a descarga se dá através do dieléctrico, não obstante a comunicação metálica ter uma resistência incomparavelmente menor.

B. Lâmpadas apolares. Com o fim de evitar estes inconvenientes do enérgico bombardeamento produzido pelos fios conductores das correntes, construiu Tesla, aproveitando a acção inductora das correntes d'alta frequência, várias lâmpadas *apolares*, cuja iluminação se obtem sem que os seus filamentos estejam directamente ligados aos polos do transformador.

Esta espécie de iluminação tinha sido tentada havia muito, mas a falta deapparelhos, que fornecessem energia bastante, não tinha permitido a sua realização.

Para obter bons resultados é necessário o emprego de potenciaes muito elevados, somente obtidos por meio das correntes d'alta frequência.

Assim, empregando um condensador accessório de 40 centímetros quadrados de superficie e correntes alternando 20.000 vezes por segundo, torna-se necessário um potencial de 9.000 volts para

(1) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 31.

excitar uma lâmpada construída com vidro bom de 1^{mm} de espessura.

A fim de augmentar o poder illuminante e facilitar a transmissão d'energia, estas lâmpadas apolares sam todas constituídas por pequenas hélices de fio metálico encerradas no collo de balões de vidro esvaziados e fechados.

Estas hélices terminam ao meio da esphera de vidro por pequenos bastonetes ou espheras de carvão ou doutra substância infusivel, destinadas a tornarem-se incandescentes.

O pé d'estas lâmpadas encaixa-se no interior d'uma outra hélice, formada enrolando o fio conductor das oscillações.

Esta disposição, que fórma essencialmente um novo transformador, permite não só obter facilmente os elevados potenciaes necessários para o bom funcionamento da lâmpada, mas também, fazendo variar a posição da hélice interior a respeito da exterior, regular á vontade a intensidade luminosa, com a mesma facilidade, com que se regula hoje em dia a intensidade da luz do gaz.

Uma das lâmpadas construídas segundo este principio consiste em um largo tubo de vidro ordinário tendo soldado numa das extremidades um outro mais estreito, de vidro phosphorescente, dobrado em fórma de M.

No primeiro tubo está encerrada uma hélice de fio fino d'alumínio, cujas extremidades, terminadas por espheras do mesmo metal, penetram nas extremidades do tubo de vidro phosphorescente.

Este systema, depois de esvaziado, introduz-se num supporte contendo uma segunda hélice de fio metálico através da qual se faziam ordinariamente passar as correntes da descarga duma bateria de jaras de Leyde.

Em vez do vidro phosphorescente, podem soldar-se ao tubo mais largo dois outros de menor diâmetro, de modo a envolverem as extremidades do fio d'alumínio, que neste caso devem terminar por pequenas esferas refractárias.

A' parede exterior do primeiro tubo solda-se uma esphera de vidro, que envolva as extremidades da hélice metálica e os tubos, que as protejam.

No interior da lâmpada faz-se o vazio, deixando em geral uma pequena comunicação entre as duas camaras, que ficam assim á mesma pressão.

A excitação da lâmpada obtem-se por meio dum supporte como o do modelo anterior.

Os intervallos entre as espiras da hélice sam occupados por pó de mica muito fino, cuidadosamente calcado, aliás saltariam entre ellas frequentes faíscas, principalmente no caso de ser grosso o fio da hélice exterior e grande o intervallo entre as esferas de descarga da bateria.

Nesta espécie de lâmpadas com dois botões é muito curioso o effeito da sombra projectada contra as paredes de vidro, por cada um delles.

4. Substâncias incandescentes. Como dissemos já, não é necessário para obter uma boa incandescência, que o corpo encerrado na lâmpada seja

conductor porque os dieléctricos podem aquecer e tornarem-se do mesmo modo muito luminosos.

Uma lâmpada, que dá bons resultados, consta dum cylindro de carvão dos empregados nos arcos d'incandescência eléctrica tendo engastada numa das extremidades um corpo mau conductor. A outra extremidade liga-se ao fio conductor das correntes, convenientemente isolado por diferentes camadas de mica.

A fim de que a luz seja sòmente produzida pela superfície do corpo não conductor, o cylindro de carvão é revestido em maior parte do seu comprimento por um delgado tubo d'alumínio.

Ha tambem vários modelos unipolares e apolares destas lâmpadas onde a matéria radiante se projecta contra o corpo, que deve tornar-se incandescente.

Um delles compõe-se dum globo esférico de vidro, provido na parte superior dum longo collo, destinado a augmentar, em alguns casos, o effeito da lâmpada revestindo-o externamente por uma superfície conductora.

A parte inferior do balão é soprada uma pequena esphera destinada a firmá-lo num supporte isolador.

Ao meio do balão suspende-se dum fio conductor um pequeno filamento refractário, que se torna incandescente quando o bombardeamento proveniente da parte inferior attinge uma intensidade conveniente.

Para augmentar a incandescência deve-se, sempre que seja possível, revestir por uma delgada

folha de zinco a parte da superfície externa do balão, que penetra no suporte isolador.

A prática tem demonstrado, que este modelo, cujo poder illuminante é diminuto, é particularmente apropriado para mostrar a phosphorescência dos corpos suspensos no centro do balão.

Procurando, em várias séries d'experiências, os corpos que melhor se prestam para a construção das suas lâmpadas, reconheceu Tesla que o diamante e o carborundum deviam ser preferidos a todos os outros pelas suas qualidades excepcionaes.

O carborundum (1), um dos productos que mais attrahiu a attenção dos chymicos e dos physicos na última exposição de Chicago, foi, como se sabe, obtido por E. G. Acheson, de Monongahela, na Pennsylvânia, e é destinado a substituir o pó de diamante na polição de pedras preciosas. O carborundum, que é um carboneto de silício correspondente, quando puro, á fórmula Si C , obtem-se em pó mais ou menos fino ou em crystaes geralmente escuros, muito brilhantes e duros, incombustiveis mesmo quando aquecidos numa atmosphera d'oxygénio.

Sujeito a grandes pressões torna-se conductor, mas a sua conductibilidade é sempre inferior á do carvão. O pó que se obtem triturando os crystaes póde practicamente considerar-se um isolador.

Além da grande duração e do rendimento luminoso, o diamante e ainda mais o carborundum, têm a vantagem de não produzirem depósitos

(1) *Revue Générale des Sciences*, tom. IV, 1893, pag. 589.

sobre as paredes das lâmpadas, porque difficilmente se desaggregam, qualquer que seja o potencial e a frequência da corrente.

As temperaturas attingidas, empregando estas duas substâncias, são tam elevadas, que é difficil obter supportes onde ellas se possam montar.

Ainda neste caso, o carvão das retortas é dos corpos que mais vantagens apresentam aguentando tambem durante muito tempo aquellas elevadissimas temperaturas.

Encerrando na mesma lâmpada substâncias de differente natureza, notou-se entre outras coisas, que, sendo a temperatura muito elevada, havia em geral um corpo, que absorvia o bombardeamento mais que os corpos visinhos.

Esta propriedade parece depender principalmente do ponto de fusão e da facilidade com que o corpo se desaggrega.

Esta observação, embora possa surprehender á primeira vista, está contudo d'accordo com as ideias geralmente seguidas.

Nos tubos muito esvaziados, supõe-se a electricidade conduzida por filas materiaes independentes, constituídas em parte pelas particulas da atmosphera residual, e em parte por particulas separadas dos eléctrodos.

Sendo o eléctrodo formado por várias substâncias, uma das quaes se desintegre com mais facilidade, que as restantes, a maior parte da electricidade esgotar-se-ha por esse corpo, que será tambem aquelle que attinge uma temperatura mais elevada.

E' provavel que a deterioração dos próprios eléctrodos homogénios seja devida a uma causa semelhante, porquanto em todas as experiências se têm notado irregularidades no brilho da superfície dos eléctrodos, embora ellas sejam tam polidas quanto é possível sê-lo a superfície d'alguns dos corpos empregados nestas lâmpadas.

Imagine-se, com effeito, que por qualquer circunstância um dos pontos do eléctrodo adquire uma temperatura mais elevada que a dos pontos próximos; a descarga far-se-ha de preferéncia por esse ponto, o que provoca a fusão e a evaporação duma parte da substância.

Como consequência deste trabalho é possível haver no ponto atacado um abaixamento de temperatura, que, além de influir no brilho da luz irradiada, concorre ainda mais para a alteração da superfície do eléctrodo.

Estas alterações de temperatura e as correlativas modificações de estrutura facilitam a repetição do phenomeno, cuja continuidade acaba por desagregar completamente a substância, ao fim dum tempo mais ou menos longo.

Esta hypóthese póde ser verificada experimentalmente, pelo menos nos casos em que os eléctrodos têm uma temperatura relativamente baixa.

Tome-se, com effeito, um tubo sufficientemente esvaziado para que as descargas não passem, embora o potencial seja elevado.

Fazendo crescer gradualmente o potencial, vêem-se apparecer nas paredes da lâmpada duas, três ou mais manchas luminosas.

Estas manchas indicam evidentemente, que em certos pontos ha um bombardeamento mais activo, devido sem dúvida a uma desigual distribuição da densidade eléctrica.

Estas diferenças de distribuição da densidade sòmente se podem attribuir ás irregularidades de superficie do eléctrodo.

As manchas luminosas não são fixas; mudam de posição constantemente, indicando assim, que a configuração do eléctrodo varia de momento para momento.

O phenómeno é muito nítido quando, regulando convenientemente a variação de potencial, se consegue obter um limitado número d'impressões luminosas.

Conclue-se facilmente destas experiências, que a substância refractária terá uma duração máxima, dando-lhe a forma duma esphera perfeitamente polida.

Estas espheras, que se poderiam obter talhando um diamante ou qualquer outro crystal, sam ordinariamente formadas por pérolas d'óxydos difficilmente fusiveis, como o de zircónio, que hoje se obtêm com as elevadíssimas temperaturas do forno eléctrico.

Attenta a elevada temperatura, que se obtem nos eléctrodos das lâmpadas alimentadas por correntes alternativas, parece, á primeira vista, não dever ser difficil fundir qualquer corpo ahi collocado e sujeito á acção do bombardeamento molecular.

Assim devia ser, se por ventura o transporte eléctrico não fizesse desaparecer por completo a

maior parte das substâncias, antes de terem atingido a temperatura dos respectivos pontos de fusão.

Esta difficuldade torna-se principalmente notavel com os óxydos, como o de zircónio, que se não podem tornar muito compactos.

Remove-se em parte, fundindo primeiro estes corpos numa corrente d'oxygénio e collocando-os depois sobre o eléctrodo de carvão das retortas duma das lâmpadas já descriptas, que é muito própria para effectuar estas experiências.

Durante a fusão observam-se, em geral, magníficos effeitos luminosos.

Fundindo, por exemplo, um crystal de rubi observa-se, em primeiro lugar, um cone de luz branca, que se projecta na parte superior do balão onde produz uma mancha phosphorescente irregularmente contornada.

Quando o rubi funde, a phosphorescência torna-se muito pronunciada; e, como entam as particulas materiaes emittidas pela superficie da gotta fundida têm uma velocidade muito maior, o vidro aquece muito e fatiga-se, dando em resultado que sòmente brilha o contorno externo da mancha luminosa.

Fórma-se deste modo uma linha phosphorescente muito brilhante, correspondente ao contorno da gotta fundida e que portanto se desloca lentamente pela superficie da lâmpada, á proporção que a gotta alarga.

Quando o líquido entra em ebullicão, formam-se na sua massa pequenas bolhas e cavidades, que

produzem manchas escuras deslocando-se com grande velocidade pela superficie illuminada.

A massa do rubi, apesar de fundida, conserva uma viscosidade sufficiente para se poder inverter a lâmpada sem que elle se separe da superficie do eléctrodo.

Tesla julga ter tambem observado no decurso das suas experiências, que, pelo bombardeamento molecular produzido pelas correntes rapidamente alternativas, é possível fundir qualquer corpo numa atmosphera muito rarefacta, a uma temperatura inferior á do seu ponto de fusão, ás pressões normaes e com os modos d'aquecimento ordinários.

Para o demonstrar, ligou a um pequeno fio de platina um pedaço de pedra pomes, que por meio da chamma do maçarico oxhydrico reduziu a uma pérola vitrea.

Introduzindo-a, em seguida, numa lâmpada onde se fazia o vazio, e fazendo crescer pouco a pouco o potencial, viu-se a pedra pomes fundir novamente, emittindo porem muito menos luz, que no primeiro caso.

Esta differença de brilho indicava para Tesla um grau menos elevado da temperatura de fusão.

Não ha experiências directas, que confirmem este modo de ver.. Seriam mesmo difficeis de realizar, vistas as perturbações produzidas pelos corpos extranhos introduzidos na lâmpada.

5. Influência da pressão e capacidade. Suppondo constantes o número d'inversões e o potencial, é

manifesta a influência da pressão no interior das lâmpadas sobre o grau de incandescência atingido pelos diversos filamentos.

Tesla pôs elegantemente em evidência esta influência, mostrando, que num tubo atravessado por uma descarga o gaz não tem uma densidade uniforme.

Nestas circunstâncias, um fio metálico encerrado no tubo torna-se incandescente nos pontos em que a pressão é menor e conserva-se escuro nos pontos em que, sendo maior a densidade, é portanto menos intenso o bombardeamento.

Para demonstrar este effeito, tomou-se um longo tubo de vidro esvaziado, contendo um fio de platina muito fino collocado na direcção do eixo.

Pondo-o, por qualquer fôrma, em communição com um dos polos do transformador d'alta tensão, o fio mostrava-se incandescente por secções alternadamente brilhantes e escuras.

O effeito era mais apparente, quando o grau de vazio era de molde a mostrar a descarga estratificada, mas podia sempre observar-se, quaesquer que fossem as condições da pressão no interior do tubo. E' pois evidente, que não é uniforme a densidade do gaz dentro do tubo.

A posição dos estratos na maior parte das vezes era tal, que as rarefacções correspondiam ás regiões de maior incandescência do fio de platina.

Num limitadíssimo número d'experiências parecia, porem, notar-se, que os pontos brilhantes do fio eram envolvidos pelas camadas mais densas da descarga estratificada.

Neste caso o effeito era apenas perceptivel.

Tesla compara este phenomeno ao facto, muitas vezes observado nos tubos, dum fio adquirir uma temperatura máxima, quando o ar não está ainda extremamente rarefacto.

E' o que sempre se observa, caso o potencial não seja sufficientemente elevado, e seja muito pequena a pressão no interior do tubo.

Estes phenomenos sam de curta duração. Deixam de observar-se, quando o tubo, ou antes o fio, adquire em todos os pontos uma temperatura uniforme.

Reduzindo a um mínimo o número de partículas agitadas pela descarga, dissipa-se pouca energia e mantem-se a incandescência muito economicamente.

Consegue-se este resultado, empregando elevadas frequências, o que não é recommendavel pela rápida elevação do potencial, ou limitando tanto quanto possivel a atmospheria em torno do electrodo da lâmpada.

Tesla demonstrou este último effeito, construindo uma lâmpada dupla, constituída por duas camaras, que differiam somente pela capacidade dos balões de vidro exterior.

Sendo em ambas tambem igual o grau de vazio, viu-se, que a lâmpada menor consumira muito menos energia para produzir uma illuminação igual á da maior.

Aquecia, porem, extraordinariamente, chegando mesmo na maior parte das experiências a fender o invólucro de vidro.

Para evitar os inconvenientes deste aquecimento, construiu Tesla lâmpadas em que as substâncias refractárias são encerradas em pequenas esferas de vidro, completamente separadas do fio conductor e do tubo de alumínio por diferentes camadas de mica.

Esta disposição tem por fim proteger o pequeno balão contra a acção do rápido aquecimento do conductor.

A temperatura do globo exterior elevava-se nestas experiências muito lentamente, conservando-se sempre a lâmpada relativamente fria.

Pondo este globo em communição com uma bomba pneumática em actividade, notou-se, que a sua temperatura se conservava invariavel, por maior que fosse o grau d'incandescência das substâncias encerradas na esfera menor.

Fechado á lâmpada e separado da bomba, o balão aquecia novamente, ao fim de pouco tempo.

Com esta disposição, os effeitos luminosos obtêm-se tanto mais economicamente quanto menor fôr o diâmetro da esfera interior; desejando, porem, obter phenomenos de phosphorescência, as suas dimensões devem ser maiores, aliás a temperatura seria tam elevada, que a phosphorescência cessaria.

Como nestas lâmpadas o bombardeamento contra o balão exterior é practicamente nullo, só o interior se mostra por vezes phosphorescente.

O poder illuminante das lâmpadas de Tesla, quer unipolares quer apolares, é consideravelmente augmentado, quando se reveste uma parte

da superfície do vidro por uma camada condutora.

Uma simples lâmina metálica envolvendo o collo ou uma calote do balão dá já óptimos resultados; mas augmenta-se ainda a sua acção, ligando-a electricamente com o solo ou com uma segunda lâmina metálica isolada.

Neste último caso, comprehende-se bem, que, fazendo variar as dimensões da lâmina isolada, se possa fazer variar entre certos limites o poder illuminante das lâmpadas.

Um dos modelos, que tem dado bons resultados, consiste numa lâmpada de Tesla destinada a ser suspensa, e servindo de supporte a uma grande lâmina de zinco com a forma dum cone de pequena altura.

Este cone tem uma pequena abertura no vértice, por onde passa o collo da lâmpada, que delle se isola por umas poucas de camadas de mica.

Esta disposição, com que se obtem o fim desejado, constitue um reflector, podendo concentrar a luz emitida pela lâmpada.

Deve notar-se, que, em regra, para obter uma boa illuminação não é necessário recorrer a estes processos, completamente inuteis caso se faça uso de frequências extraordinariamente elevadas.

Desejando, a fim de poupar energia, obter correntes de grande frequência, é conveniente aproveitar as descargas de condensadores, atravessados já por correntes oscillantes.

Esta disposição, que evita o emprego de grandes transformadores muito dispendiosos, serve em

geral para repetir nos laboratórios a maior parte das experiências descriptas por Tesla.

Notam-se, porem, curiosos phenomenos, quando as correntes d'alta frequência assim obtidas se propagam nos conductores.

Ligando uma das armaduras do condensador a uma das extremidades duma grossa barra de cobre, dobrada de maneira que a outra extremidade fique próxima do botão da segunda armadura, podem tornar-se incandescentes várias lâmpadas electricamente ligadas aos dois ramos do conductor.

Em geral, embora as lâmpadas sejam da mesma voltagem, o brilho é differente em cada uma dellas, podendo mesmo algumas conservar-se apagadas.

Deslocando parallelamente a si mesmo, ao longo da barra, um conductor de que se suspende uma lâmpada, reconhece-se do mesmo modo a existência de nós e de ventres pelas differenças de intensidade luminosa, que chega tambem a ser nulla em um ou mais pontos do conductor, o que depende do seu comprimento.

Estes máximos e mínimos de corrente, devidos á resistência apparente do conductor, podem determinar-se, com a mesma facilidade, com o auxilio do voltmetro de Cardew ou por meio dos tubos de Crookes.

Quando nesta experiência se empregam lâmpadas construídas com filamentos muito longos, nota-se, que, de tempos a tempos, elles soffrem uma violenta impulsão, devida, segundo parece, a uma acção electrostática das paredes da lâmpada.

Se em vez das lâmpadas ordinárias se empregarem outras construídas por filamentos rectilíneos, cujos polos estejam nas extremidades do mesmo diâmetro da esphera ou ellipsoide de vidro, obtem-se mais facilmente uma elevada incandescência, por pequena que seja a frequência.

Augmentando, porem, o número de inversões por segundo além de certo limite, chega-se a um ponto em que a maior parte da descarga passa através do gaz rarefacto, em vez de passar pelo filamento de carvão.

Nesta occasião, o globo illumina-se com um brilho extraordinário, e as extremidades do fio conductor tornam-se incandescentes, lançando por vezes poderosos penachos, em virtude do activo bombardeamento molecular.

6. Tubos vazios. Campo electro-estático. De todos os effeitos obtidos pelo emprego das correntes alternativas d'alta tensão, estamos certos, que, poucos impressionam tanto como os phenómenos observados nos tubos vazios, que sem eléctrodos nem armaduras se illuminam vivamente, quando se approximam do transformador ou de conductores com elle ligados.

A observação é antiga. Já Hittorf tinha visto tubos de vidro vazios illuminarem-se, quando nas suas visinhanças se descarregava uma garrafa de Leyde.

Tesla, porem, pôs estes phenómenos em evidência dum modo incomparavelmente brilhante, pre-

tendendo mesmo realizar por este processo um novo systema de illuminação, a que chama *illuminação ideal* e que, segundo elle, será a verdadeira luz do futuro.

Para obter esta illuminação, é necessario crear um campo electro-estático alternando muitas vezes por segundo, e tam poderoso, que um tubo vazio se mostra sempre luminoso, qualquer que seja o ponto do espaço onde se encontra.

Campos tam intensos sam hoje em dia impossiveis de realizar.

Conseguem-se, comtudo, magníficos resultados ligando um dos polos do transformador d'alta tensão ao sólo e o outro a uma grande lámina metálica, suspensa do tecto por cordas isoladoras; ou tambem, ligando ambos os polos a lâminas nas mesmas circunstâncias.

Nestas condições, um tubo vazio de quaesquer dimensões conserva-se luminoso quando deslocado no espaço comprehendido entre as duas lâminas isoladas, excepto quando esteja situado num plano comprehendido entre ellas, para o qual as duas acções se annullam.

A posição d'este plano depende da posição das duas lâminas, bem como do comprimento e natureza dos conductores, que as ligam ao transformador.

Além dos phenómenos luminosos, observam-se tambem neste campo outros effeitos curiosissimos.

Qualquer conductor isolado dá vivas faíscas quando d'elle se approxima um conductor.

Se do corpo isolado se approximar a mão com cuidado, conservando-a sempre bastante afastada para que as faíscas não saltem, sente-se uma agitação especial e uma sensação análoga á de pequenas picadas nas pontas dos dedos.

Repetindo esta experiência na obscuridade, observa-se, que da mão partem numerosos penachos luminosos muito intensos.

Ligando por meio dum fio metálico um receptor telephónico a um corpo isolado influenciado pelo campo electrostático, ouve-se um som geralmente baixo, que se eleva quando augmenta o potencial.

Nos campos poderosos o som pôde ser ouvido, mesmo que o telephónio não esteja em communição com qualquer corpo.

Empregando um interruptor especial, conseguiu O. Mc. Farlan Moore, de Newark (N. Y.), Estados Unidos da América (1), illuminar o seu laboratório por meio de tubos sem eléctrodos, sujeitos sòmente á acção do campo electrostático produzido por um transformador d'alta tensão, collocado num aposento próximo.

Suspensos da cornija, em torno de toda a sala, havia quatro tubos de vidro com 4^{cm} de diâmetro e 3^m,50 e 2^m,90 de comprimento, cujas extremidades eram revestidas por calotes d'alumínio.

Os tubos tinham previamente sido esvaziados até terem a mesma pressão dos tubos de Geissler ordinários.

(1) *Scientific American*, tom. LXXIV, n.º 9, pag. 129, New-York, 1896.

A iluminação por este systema produzia um effeito phantástico.

Eis como se exprime uma testemunha destas experiências, redactor duma revista científica americana :

« Na iluminação por meio dos tubos collocados em volta da sala, realiza-se a infinita multiplicação da luz, que faz desaparecer por completo as sombras, e distribue pelo aposento uma luz equivalente á que os microscopistas chamam a luz das nuvens brancas, reconhecida como sendo a mais perfeita por todos os trabalhadores.

« E' uma luz do dia artificial, pois não tem os incommodos reflexos avermelhados da luz das lâmpadas ordinárias ».

Pena é, que o grande dispêndio d'energia resultante deste modo d'illuminação não permita por ora tirar todo o partido, que delle se deve esperar.

Os tubos sam, sem dúvida, económicos, mas a despeza na manutenção do campo e as alterações physiológicas que elle pôde produzir, addiarám por muitos annos a realização verdadeiramente práctica e a diffusão do systema *ideal* d'illuminação.

Repetindo estas experiências, pôde acontecer, quando os tubos forem muito esvaziados, que se não illuminem no campo electro-estático.

Excitando-os, porem, por meio das descargas dum carrete ordinário d'inducção, os tubos adquirem a propriedade de ser sensiveis ás oscillações eléctricas muito rápidas.

Esta sensibilidade conserva-se por muitas semanas, e até durante meses, passados os quaes se

vê illuminar espontaneamente, quando no campo electro-estático, um tubo a princípio inactivo.

A causa desta acção é por agora, e cremos bem, continuará ainda por muito tempo a ser desconhecida.

Nota-se tambem nestes tubos, que a propagação da descarga não é instantânea e, que, ligando um tubo de vidro muito comprido a um dos polos do transformador d'alta tensão, a illuminação é mais intensa na base do tubo, diminuindo gradualmente até ao extremo mais afastado.

O effeito é tanto mais notavel quanto mais estreita fôr a camada d'ar.

Demonstra-se facilmente esta propriedade com um tubo de 1^{cm} de diâmetro e 30^{cm} de comprimento tendo uma das extremidades esticada em ponta com 1^{cm} de comprido.

Uma virola metálica soldada na outra extremidade permitia ligar este tubo a um dos polos do transformador.

Passando a descarga, o tubo illumina-se nas proximidades desta chapa, onde a secção é maior, enquanto que a outra extremidade se conserva completamente apagada.

Pouco a pouco, porem, o ar aquece, e tornando-se conductor, permite á descarga o attingir a parte mais estreita do tubo, que somente entam se mostra luminosa.

Sendo elevada a frequência e regulando convenientemente o potencial, pôde prolongar-se este phenomeno por mais de meio minuto.

Quanto maior fôr o vazio, tanto mais facil será o realizar esta experiência.

E' também conveniente empregar tubos novos, porque ao fim de duas ou três vezes de serviço o phenomeno já se não observa no mesmo tubo.

A propagação da descarga através dum tubo de vidro muito estreito é comparavel á propagação do calor numa barra metálica aquecida por uma das extremidades.

Quanto mais depressa o calor se dissipa lateralmente, mais tempo gasta em chegar ao extremo remoto.

Do mesmo modo, quando um tubo é atravessado por uma descarga oscillante, a propagação é tanto mais vagarosa quanto maior fôr a frequência.

Sendo pequeno o número d'inversões por segundo, a dissipação lateral é insignificante; e, sem excepção, a descarga propaga-se instantaneamente ao longo de todo o tubo, por menor que seja o seu diâmetro.

Entre outros, o professor J. J. Thomson (1) estudou também os effeitos das oscillações eléctricas, propagando-se através de tubos vazios sem electrodos, recorrendo ás descargas oscillantes das baterias de Leyde.

Os circuitos de descarga, a que deu a forma de bolbos ou de tubos dobrados em hélice, collocavam-se nas proximidades doutros tubos cheios de mercúrio, que serviam de conductores das descargas oscillantes.

(1) J. J. Thomson, *Proceedings of the Physical Society*, 1891.

Estas duas ordens de tubos representavam respectivamente o papel dos conductores dum carrete d'inducção. Os tubos vazios correspondiam ao circuito secundário e os tubos com mercúrio ao fio primário daquelles transformadores.

Collocando no centro duma destas hélices, atravessada pela corrente de descarga, um balão esvaziado contendo vestígios d'oxigénio, via-se, que no interior se formava um círculo muito luminoso.

Ao princípio da experiência este círculo era acompanhado por uma scintilla avermelhada, que se extinguia passado pouco mais dum segundo.

A scintilla extinguia-se do mesmo modo, elevando a temperatura do balão ou approximando-lhe um dos polos dum magnete.

Outro bolbo esvaziado envolvido por uma hélice primária era encerrado em uma campánula de vidro.

Emquanto a pressão do ar na campánula era igual á pressão atmosphérica, a descarga secundária dava-se no bolbo como nos casos ordinários. Fazendo pouco a pouco o vazio, a descarga luminosa augmentava ligeiramente diminuindo em seguida até deixar de se observar, e acabando finalmente por se manifestar na parte exterior do bolbo.

Do mesmo modo se observou, que a conductibilidade dum tubo vazio sem eléctrodos augmenta, até certo ponto, quando a pressão diminue, decrescendo depois constantemente tanto mais quanto mais elevado fôr o grau de vazio.

Notou-se também, que as descargas se transmittem mais facilmente quando no interior do tubo as moléculas são todas da mesma natureza.

Assim, num tubo bastante comprido, que a descarga facilmente atravessava, interrompia-se a luz quando se lhe introduzia uma pequena gota de mercúrio apesar da grande conductibilidade deste metal.

Segundo J. J. Thomson, estes efeitos devem ser attribuídos á indução electro-magnética.

Tesla (1) attribue-os á indução electro-estática, e para o demonstrar realizou várias experiências.

Uma dellas fazia-se com o auxilio dum largo tubo de vidro fechado numa extremidade e introduzindo-o num dos invólucros das lâmpadas d'incandescência ordinárias.

O circuito primário era em geral constituído por algumas dobras duma folha de cobre de certa espessura, cuidadosamente isolada. O espaço comprehendido entre o tubo e o balão constituía o circuito secundário.

Esta disposição era empregada com o fim de se collocar no interior do tubo uma superficie reflectora; para isso a última volta do primário era revestida por uma delgada folha de prata.

Com a lâmpada assim disposta obtinha-se facilmente um círculo ou um cylindro luminoso, próximo do circuito primário.

(1) N. Tesla, *The electrical Engineer*, New-York, July 1, 1891.

Mas para obter a luminosidade dos tubos não é necessario, como se sabe, que o circuito esteja fechado.

Obtinham-se os melhores resultados com um tubo vazio ordinário, de preferência com um grande diâmetro, envolvido por uma hélice de grosso fio de cobre.

Quando o conductor era percorrido pelas descargas oscillantes, induzia-se no tubo uma hélice luminosa.

Numa destas experiências observaram-se phenomenos muito curiosos; no interior do tubo appareceram, além da hélice, dois círculos muito luminosos, que Tesla attribuiu á existencia de nós no circuito primário.

Os dois círculos ficavam ligados por uma delgada hélice luminosa, parallela ao fio conductor.

Introduzindo lateralmente um bolbo das lâmpadas ordinárias num anel formado por uma ou duas espiras duma hélice de grosso fio de cobre atravessado pela descarga duma bateria de Leyde, via-se apparecer do mesmo modo no interior da lâmpada um círculo luminoso.

Nesta experiência o globo de vidro era revestido, na parte opposta ao fio primário, por uma calote de zinco, que augmentava a intensidade do círculo luminoso, quando se ligava ao solo ou a um corpo isolado de grandes dimensões.

Quando o conductor primário está em contacto com o vidro, a superficie luminosa obtem-se com mais facilidade e o seu contorno é mais bem limitado.

Tesla observou também, que a acção induzida cresce quando augmenta o poder inductor específico do meio interposto aos circuitos primário e secundário.

Demonstra-se facilmente este effeito introduzindo, entre os dois circuitos, cylindros formados de differentes substâncias, desde que na lâmpada se começa a observar o círculo luminoso.

Mais convincentes sam ainda as experiências realizadas somente com os tubos vazios ordinários sujeitos á acção do campo creado pelo transformador d'alta tensão.

Assim, por exemplo, segurando um tubo na mão e approximando-o do carrete, o tubo illumina-se vivamente, qualquer que seja a sua posição a respeito do corpo do observador.

Se o effeito fosse devido á indução electro-magnética, o tubo não emittiria luz quando o corpo do observador estivesse entre elle e o carrete, ou, pelo menos, a intensidade luminosa, produzida apenas pelas oscillações diffractadas e reflectidas nas paredes da sala, diminuiria muito de valor.

O tubo conserva-se apagado, quando collocado exactamente sobre o plano médio transversal do transformador, porquanto as acções das duas metades do carrete se neutralizam e o potencial é nullo em todos os pontos daquelle plano.

Um pequeno desvio, para um ou outro lado desta posição, faz reapparecer uma luz muito intensa. Ora se a acção fosse realmente electro-magnética o effeito seria máximo no plano médio do carrete.

Approximando sufficientemente os polos dos transformadores para que entre elles se estabeleça um arco permanente, as lâmpadas e os tubos vizinhos apagam-se para se accenderem novamente, quando o arco se extingue. A acção electro-magnética é praticamente igual em ambos os casos.

Collocando um tubo no prolongamento do eixo do carrete a distância sufficiente para que elle se conserve apagado, consegue-se illuminá-lo tocando a extremidade mais afastada com a mão ou com um conductor isolado, ou ainda quando um observador simplesmente se interponha ao carrete e ao tubo.

Um observador, collocado de maneira a voltar um dos flancos para o transformador, sustentando um tubo vazio com ambas as mãos vê com surpresa, que o tubo se conserva escuro no espaço comprehendido entre ellas.

Regulando convenientemente a distância ao carrete, pôde, por assim dizer, expulsar-se a luz do tubo, que se conserva apagado durante um segundo próximamente, passando rapidamente pela superficie externa a mão mais próxima do transformador.

A influencia exercida pelos diaphragmas mostra tambem a natureza electro-estática do phenomeno.

Collocando uma lâmina metálica isolada entre o carrete e o tubo, situado no prolongamento do seu eixo, nota-se um augmento de intensidade luminosa, ou que o tubo se illumina, caso a primitiva distância fosse grande bastante para estar apagado até entam.

O efeito produzido depende das dimensões da lâmina metálica interposta.

Se esta estiver eléctricamente ligada ao solo, o tubo apaga-se por mais pequena que seja a sua distância ao transformador.

Nas mesmas circunstâncias as lâminas dieléctricas diminuem muito a luminiscência dos tubos, que chegam mesmo a apagar.

Como é natural, os efeitos luminosos produzidos pelos tubos sem eléctrodos são consideravelmente augmentados pelo emprego de vidros phosphorescentes como sejam os de yttrio e d'urânio.

Em vez de recorrer aos phenómenos d'influência, pôde obter-se a luminiscência dos tubos vazios, revestindo as suas extremidades por calotes metálicas e suspendendo-as de conductores ligados aos polos do gerador d'oscillações.

Estas superficies metálicas podem indifferente-mente revestir a parede interna ou externa do tubo (1).

(1) Parte destas experiências foram por nós repetidas com o auxilio dum transformador de Tesla, modificado por Elster e Geitel, e com uma série de quatro tubos vazios, fornecidos pela casa Müller-Unkel, de Braunschweig.

Tomando um dos tubos em cada mão e approximando-os do transformador, qualquer delles se illumina com a mesma facilidade, e, como era de esperar, a luminiscência augmenta em ambos quando se approximam um do outro.

O efeito é máximo estando os tubos em contacto e dispostos paralellamente ao eixo do transformador.

Nota-se, porem, nestas experiências um facto curioso.

Um dos tubos, cuja natureza e grau de vazio desconhecemos por completo, apresenta, quando isolado, uma luz

A acção do campo produzido pelo transformador é deficiente para produzir a incandescência de pequenos corpos encerrados no tubo.

Para que estas experiências dêem bom resultado, é porem conveniente concentrar, por meio de disposições appropriadas, uma porção d'energia no interior do tubo.

Uma das disposições de Tesla consistia em dois cylindros de vidro fechados, de comprimentos differentes e diâmetros eguaes, que se soldavam pelas bases.

Esta parede commum era atravessada por um tubo estreito de vidro, revestido externamente por uma folha d'alumínio.

O tubo mais estreito revestia um fio delgado de platina, prolongado por um filamento das lâmpadas ordinárias para o lado da camara maior, e para o lado menor por outro fio de cobre, que se prolongava para exterior, permitindo assim ligar, em caso de necessidade, o tubo a um dos polos do transformador.

A camara menor do tubo revestia-se interior e exteriormente por duas lâminas metálicas e acabava-se de encher com um pó isolador.

O filamento tornava-se vivamente incandescente,

esbranquiçada mal definida, que passa a violeta claro pela aproximação dum segundo tubo.

Chegando o tubo ao transformador, a côr torna-se verde nas proximidades do ponto de contacto.

Ignorâmos a causa destes phenómenos, que entretanto nos pareceu interessante registrar.

quando este aparelho se deslocava no campo do transformador.

Outra forma desta experiência realiza-se, substituindo o filamento das lâmpadas por um fio de platina dobrado em círculo numa das extremidades, e retinindo o fio de cobre á armadura interna do condensador.

Por baixo do anel de platina colloca-se um pequeno molinete com palhetas de mica, que se segura entre uma agulha metálica e uma vareta de vidro convenientemente dobrada.

Approximando este tubo do transformador, o fio de platina torna-se incandescente, e o molinete gyra com grande velocidade.

7. Pinceis luminosos. Curiosos sam tambem os effeitos observados em algumas lâmpadas alimentadas pelas correntes oscillantes, e que Tesla designou com o nome de *pinceis*.

Nas lâmpadas providas com calotes conductoras, estes effeitos sam sempre pouco visiveis e duradouros; os melhores resultados obtêem-se com as lâmpadas apolares.

Os modelos recommendados por Tesla constam duma espécie de balão, análogos aos empregados nos laboratórios chymicos, em cujo collo se solda um tubo barométrico com uma das extremidades soprada em esphera.

Na construcção da lâmpada, deve haver todo o cuidado em a collocar bem ao centro do balão, sem o que seria impossivel observar os *pinceis luminosos*.

O tubo barométrico póde ser revestido por uma delgada folha d'alumínio antes de ser soldado ao pé da lâmpada, o que, não sendo essencial para a producção do phenómeno, augmenta consideravelmente a sua intensidade.

A pequena esphera do tubo barométrico enche-se com um pó conductor, que um fio metálico, atravessando este tubo em toda a sua extensão, póde fazer communicar com um gerador de correntes alternativas.

A fim de evitar o emprego de conductores, construiu Tesla uma outra lâmpada constituída como a precedente por um balão em cujo collo se solda um tubo adelgaçado, terminado tambem por uma pequena esphera.

No interior destes vasos faz-se moderadamente o vazio, de modo que ambos elles fiquem com uma porção d'ar a uma pressão inferior á atmosphérica.

Na construcção desta lâmpada é do mesmo modo da maior importância que as duas espheras sejam concéntricas.

Para fazer funcionar esta lâmpada, deve revestir-se o seu collo com uma folha d'estanho, que se liga ao transformador.

O estanho actúa por inducção no ar rarefeito encerrado no collo do balão, que por sua vez actúa sobre o ar contido na esphera maior.

Sendo muito baixa a pressão interior, estas lâmpadas sem coberturas metálicas não se illuminam, em geral, mesmo quando directamente ligadas ao gerador d'oscillações.

Para a excitar é, na maior parte das vezes, necessário esfregá-las ao de leve com a mão.

No princípio da experiência, observa-se uma phosphorescência muito intensa espalhada sobre o globo externo.

A phosphorescência é passageira sendo em breve substituída por uma luz uniforme, muito branca.

Passado pouco tempo, começa a observar-se uma desigualdade na distribuição da luz pela superfície da lâmpada, apparecendo um dos hemisphérios mais intensamente illuminado que o outro.

A partir deste momento, o hemisphério menos illuminado vae gradualmente escurecendo, até que ao fim dalguns minutos, horas, dias e até, ás vezes, semanas, fica completamente escuro.

No outro hemisphério, a luz concentra-se gradualmente até se notar, finalmente, uma calote fortemente illuminada por um cone de radiações luminosas, cujo vértice é a pequena esphera central da lâmpada.

Chegado a este ponto, o cone ou pincel luminoso torna-se extraordinariamente sensível ás acções electro-estáticas e magnéticas.

Suspendendo a lâmpada por meio dum fio e afastando os objectos vizinhos, vê-se o pincel tomar uma posição diametralmente opposta á dum observador, que se approxime a alguns passos de distância.

O penacho descreverá um círculo, conservando-se sempre o mais afastado possível do observador, se este caminhar em torno da lâmpada.

Sendo o pincel muito sensível, um observador collocado em posição conveniente pôde extingui-lo fazendo qualquer movimento, como por exemplo, pela simplez extensão dos músculos do braço.

O movimento pôde ser retardado ou acelerado pela approximação do corpo humano ou de qualquer outro conductor. Não pôde, porem, ser invertido, mesmo que se altere a posição da lâmpada.

Uma lâmina metálica, em communição com o segundo polo do transformador, influe a grandes distâncias na velocidade de rotação do pincel, que por vezes pôde reduzir a uma volta por segundo.

Quando o pincel luminoso adquire a fôrma definitiva, e já mesmo um pouco antes, mostra-se duma extraordinária sensibilidade para as acções magnéticas.

A acção do campo terrestre é sufficiente para o fazer gyrar com um movimento uniforme em torno da pequena esphera.

Suspendendo a lâmpada de modo que o globo fique voltado para a parte inferior, o movimento do pincel, devido á acção magnética da terra, faz-se sempre no nosso hemisphério no sentido do movimento dos ponteiros dum relógio.

No hemisphério austral o movimento far-se-hia em sentido inverso.

O movimento do pincel accelera-se, quando está em angulo recto com as linhas de força do campo terrestre.

E', porem, muito mais intensa a acção exercida pelos magnétes ordinários.

Um pequeno magnete rectilíneo, cujos polos não distem entre si mais de dois centímetros, actúa á distância de dois metros, accelerando ou retardando o movimento do pincel luminoso, conforme o nome do polo que delle mais se approxima.

Os pinceis luminosos sam tambem muito sensíveis ás variações de temperatura, de potencial e de frequência.

Fazendo separadamente variar qualquer destas últimas condições, a sensibilidade modifica-se; variando ambas ao mesmo tempo, o pincel deixa em geral de se mover.

Visto a grande sensibilidade dos pinceis luminosos, affectados mesmo pelas mais pequenas variações, poderia, segundo Tesla, ter este phenomeno vantajosas applicações, permitindo a transmissão de despachos a qualquer distância, através do Atlântico, por exemplo.

Bastaria para isso poder torná-los mais intensos e delgados, de modo a poderem photographar-se facilmente as suas alterações.

No intuito de verificar se o movimento dos pinceis era ou não acompanhado do movimento da corrente, collocou Tesla nas vizinhanças do tubo, na direcção dos raios luminosos, um pequeno molinete formado por delgadíssimas palhetas de mica.

Apezar desta experiência ser muitas vezes repetida, nunca se observou a mais ligeira rotação, o que admira vista a grande influência exercida pelo molinete sobre o pincel.

Rotações semelhantes em torno de magnetes têm muitas vezes sido observadas com os pena-

chos luminosos obtidos por meio das máquinas electro-estáticas, não offerecendo por isso novidade. O phenómeno dos pinceis é porem interessante, por ser produzido por oscillações muito rápidas, que em instantes successivos carregam o corpo irradiante em sentidos contrários.

A constância do sentido de rotação dos pinceis luminosos, existentes num campo magnético permanente, mostra bem, que as acções das correntes positivas e negativas das correntes de grande frequência não sam eguaes, preponderando sempre umas sobre as outras.

Tesla suppõe, que os pinceis luminosos sam devidos á acção electro-estática e á asymetria da parede do globo.

Este modo de ver parece confirmado pela tendência que os pinceis têm de se fixar em determinada direcção, gyrando sòmente debaixo da influencia das acções electro-estáticas ou magnéticas.

Segundo esta explicação, os pinceis não se deviam formar caso as duas esferas da lâmpada fossem perfeitamente concéntricas, o vidro homogénio e de espessura constante, porque seria entam egual em todas as direcções a influencia exercida pela parede exterior.

Até hoje não ha porem outra hypóthese que tente explicar este interessante phenómeno, apezar das experiências terem sido repetidas com cuidado na maior parte dos laboratorios da Europa e da América.

O estudo destes phenómenos, quando melhor se conheçam os processòs de o produzir e modificar,

será, sem dúvida, um poderoso auxiliar para o conhecimento dos campos magnético e electrostático.

8. Phenómenos de phosphorescência. A phosphorescência provocada pelas correntes alternativas é incomparavelmente mais poderosa que a obtida pelos processos ordinários.

Um pequeno balão de vidro phosphorescente, ligado ao transformador por meio dum fio metálico, emite luz sufficiente para se lerem os caracteres d'imprensa, a dois ou três metros de distância.

Sam factos de ha muito sabidos, que os corpos phosphorescentes conduzem mal o calor e a electricidade, bem como, que a phosphorescência cessa quando estes corpos se aquecem além de certa temperatura.

Os conductores, pelo contrario, não possuem esta propriedade.

Parece, porem, haver um pequeno número d'excepções a esta regra, entre as quaes se conta o carvão, que Becquerel viu phosphorescer a uma temperatura próxima do rubro escuro.

Este phenómeno póde facilmente observar-se em lâmpadas cujos eléctrodos sejam espheras de carvão, com seis millímetros de diâmetro próximamente.

Sujeitando-as á acção das correntes alternativas, os eléctrodos apparecem revestidos por uma camada branca de neve, poucos momentos antes de se tornarem incandescentes.

Não se conhecem, até agora, relações entre a verdadeira incandescência e a phosphorescência excitada pelas colisões atómicas ou pelos choques mechânicos.

Nota-se apenas, que todas as causas tendentes a localizar ou a augmentar os effeitos caloríficos sam tambem as mais favoraveis para a producção da phosphorescência.

E' assim, que numa lâmpada onde seja pequeno o eléctrodo e grande portanto a densidade eléctrica, elevado o potencial e muito diminuta a pressão gazosa, causas todas ellas que favorecem os movimentos das particulas materiaes, se obtem sempre uma intensa phosphorescência.

Uma lâmpada provida de dois eléctrodos, um pequeno outro grande, mostra-se phosphorescente ou não, conforme se liga o primeiro ou o segundo eléctrodo a um dos polos do transformador.

Sendo grande a superficie dos eléctrodos, as lâmpadas não se mostram em geral phosphorescentes quando se adapta a mão sobre a parede exterior. A phosphorescência apparece tocando o envólucro com uma ponta metálica, que augmenta muito a densidade eléctrica no ponto de contacto.

E' tambem notavel a acção, que na phosphorescência tem a atmospheria encerrada nas lâmpadas.

Quando nas lâmpadas formadas por duas espheras concéntricas a pressão na camara exterior é apenas sufficiente para permittir a passagem da descarga, o espaço comprehendido entre as espheras toma uma côr carmezim, que produz um bello effeito.



Empregando baixas frequências, os gases de peso atómico mais elevado excitam melhor a phosphorescência, que aquelles, que, como o hydrogénio, a têm menor.

Como bem se sabe, obtêm-se magníficos effeitos com o oxygénio, que alguns mesmo attribuem em grande parte a acções chymicas deste gaz.

Alguns líquidos, óleos principalmente, produzem magníficos effeitos de phosphorescência quando encerrados em tubos vazios.

Os melhores resultados foram porem os obtidos com os tubos de Crookes, especialmente com aquelles que continham sulfureto de zinco.

Pena é, que este corpo deixe de emittir luz a uma temperatura relativamente baixa, o que exige o emprego de pequenas intensidades e muito cuidado na regulação da frequência.

E' curiosa a observação feita por Tesla, que o sulfureto de zinco enegrece, quando encerrado numa lâmpada com eléctrodos de alumínio, retomando a sua cor natural somente depois de arrefecer.

9. Conductibilidade do corpo humano. As experiências feitas com o auxílio dum só fio ou aquellas em que se dispensa o emprego de conductores, podem ser repetidas aproveitando a conductibilidade do corpo humano.

Esta é com certeza de todas as experiências de Tesla a que mais impressão faz.

Um transformador dando violentíssimas faíscas de muitos centímetros de comprimento, capazes

de illuminar lâmpadas da maior voltagem, pode ser tocado por um observador sem que elle sinta outra impressão além do calor desenvolvido pela descarga.

Como o aquecimento pode ser violento chegando mesmo a destruir a epiderme, é conveniente estabelecer o contacto com o transformador por meio dum pedaço de metal previamente seguro na mão.

As correntes são tanto mais insensíveis quanto mais elevada for a frequência, não tendo nós mesmo recebido choques, que passassem além do cotovello.

Pondo assim uma das mãos em contacto com um dos polos do transformador, podem excitar-se, segurando-os na outra mão, qualquer dos modelos de lâmpadas anteriormente descriptos.

E' conveniente nestas experiências provê-las dum pequeno cabo conductor, que augmente o poder illuminante.

Mas esta disposição não é necessaria, porquanto, sendo elevada a frequência, a energia transmittida pelo corpo e por um fio simplesmente ligado ao vidro, e que serve para suspender a lâmpada dum dedo, é sufficiente para tornar luminoso o filamento.

Um tubo contendo um corpo phosphorescente, sobre o qual se disponha uma lâmina de platina ligada a um fio que estabelece a comunicação com a parte exterior, illumina-se vivamente, quando suspenso nas mesmas condições.

A energia transmittida através do corpo é também sufficiente para revestir duma bainha luminosa

um fio metálico quando seguro na mão dum observador em comunicação com um transformador d'alta tensão.

Se o observador estiver isolado, vêem-se partir de toda a parte, dos cabellos e das pontas dos dedos principalmente, vivos pennachos luminosos que lhe dam o aspecto de se achar envolvido numa chamma.

CAPITULO III

ACÇÃO DAS CORRENTES SOBRE OS SÊRES VIVOS

Sem querer de modo algum invadir os domínios de alheias sciências, principalmente os da medicina, não podemos deixar de nos referir ás acções exercidas pelas correntes alternativas sobre a economia.

Descrevendo as experiências de Tesla, tivemos occasião de ver, que pelo menos na apparencia, estas correntes sam completamente inoffensivas.

O seu effeito, porém, não é nullo; e, devido principalmente aos trabalhos de D'Arsonval, o illustre physico e physiologista e a Charrin, o bacteriologista, podemos hoje em dia precisar qual a acção destas correntes.

Se os seus effeitos luminosos sam por vezes admiraveis, e se o seu aperfeiçoamento pode representar um grande progresso e bem estar da humanidade, não nos merecem menos interesse os effeitos biológicos, que parecem tambem destinados a revolucionar os effeitos therapêuticos e a resolver talvez o actual problema da bacterio-

logia, pela attenuação das toxinas e pela sua acção sobre as células das bacteriáceas.

Muito se tem feito e muito ha a fazer.

O interesse despertado por estas experiências é um penhor seguro de que ellas seram seguidas doutras, fecundas em resultados.

1. Acções physiológicas e therapênticas. Sam de ha muito conhecidas as acções da electricidade sobre a economia animal e o impulso que a physiologia deve ao auxilio das correntes e da electricidade estática.

De ha muito tambem, que os médicos conhecem o partido que podem tirar da electricidade para o tratamento de várias doenças.

As rivalidades e discussões das escolas francêsa e allemã, aggravadas pelos acontecimentos políticos, sam disso testemunho.

Dellas resultáram vários trabalhos notáveis, entre outros os de Onimnus e Legros, premiados pela Academia das Sciências de Paris, em 1869, os de du Bois-Reymond e o tratado clássico do Dr. W. Erb.

Porém o estudo das acções das correntes alternativas é necessariamente recente, pois somente podia datar das experiências d'Hertz.

Já Ritter reconheceu, que a rã de Galvani era excitavel por estas correntes, e della se serviu como resonador (1) quando fez as suas

(1) Ritter, *Wied. Ann.*, tom. XL, pag. 52.

experiências sobre a reflexão dos raios electro-magnéticos.

Mas o estudo da electro-physiologia propriamente dicta conservou-se, por assim dizer, em estado rudimentar até ao anno de 1881, em que no primeiro congresso internacional d'electricistas, D'Arsonval (1) conseguiu fazer adoptar em todos os países as unidades G. G. S., o que permittia repetir e verificar todas as experiências qualquer que fosse a sua proveniência, realizando-as sempre nas mesmas condições, physica e scientificamente definidas.

Outra coisa, que muito contribuiu para o adiantamento da electro-physiologia foi a definição da *característica d'excitação eléctrica* (2) por uma curva, que se obtem, tomando os tempos de duração da onda eléctrica como abscissas e as variações de potencial no ponto excitado, como ordenadas.

Com o fim de obter commodamente este elemento, construiu D'Arsonval um aparelho registador das contracções musculares excitadas pelas correntes alternativas, que lhe permittiu estudar com segurança este phenomeno.

Como unidade d'excitação adoptou a que corresponde a uma variação de potencial de $\frac{1}{100}$ de volt, produzindo-se em $\frac{1}{100}$ do segundo, através dum condensador com $\frac{1}{100}$ de farad de capacidade.

A esta unidade deu D'Arsonval o nome de *Galvani*.

(1) *Revue Scientifique*, 1881.

(2) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. I, pag. 246, Paris, 1889.

Em seguida, como eram muito imperfeitos e irregulares a maior parte dosapparelhos empregados nas experiências de electro-physiologia, D'Arsonval depois de apresentar os seus conhecidos galvanómetros (1) e os eléctrodos não polarisaveis, construiu uma máquina geradora de correntes alternativas sinusoidaes, muito regulares (2), que ainda hoje tem grande voga entre os electro-therapeutas.

Pode dizer-se que data desta época o estudo das acções physiológicas das correntes alternativas, porque pouco depois D'Arsonval (3), apresentando ainda um novo modelo de gerador de correntes, chegava tambem á conclusão de que, não sendo muito elevada a frequência, o organismo pode ser atravessado por correntes assaz intensas, que não produzem dôres, contracções musculares nem acções chymicas.

Esta falta de acções physiológicas é apenas apparente, porquanto, analysando os gases da respiração, nota-se que a passagem da corrente é acompanhada por um augmento na absorpção do oxygenio e na eliminacção de gaz carbónico.

Augmentando gradualmente a frequência, consegue-se provocar enérgicas contracções muscula-

(1) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. I, 1889, pag. 423.

(2) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. IV, 1892, pag. 69.

(3) D'Arsonval, *C. R.*, tom. CXIV, 1892, pag. 1534.

Archives de Physiologie, 5^{me} série, tom. V, 1893, pag. 387.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. III, 1893, pag. 607.

res, contudo muito menos dolorosas, sendo igual a intensidade da corrente, que as produzidas pelas descargas dos carretes d'inducção.

Nestas circunstâncias as combustões respiratórias exageram-se extraordinariamente, e as correntes concorrem poderosamente para modificar a nutrição.

A excitabilidade dos nervos depende da frequência e da intensidade da variação de potencial. A excitabilidade dos músculos depende, pelo contrário, da quantidade d'electricidade e da altura da queda do potencial.

Augmentando o número de inversões por segundo o número de contracções augmenta tambem, juntando-se depois umas ás outras até que o músculo acaba por se conservar numa contracção permanente. O músculo está entam tetanizado.

Para obter no homem este resultado sam necessárias 20 a 30 inversões por segundo.

Fazendo crescer ainda o número d'oscillações, a excitação augmenta até um máximo, correspondente a um número d'inversões comprehendido entre 2.500 e 5.000.

A partir deste valor, vêem-se diminuir indefinidamente os phenómenos d'excitação á medida que augmenta a frequência, podendo, como se sabe, fazer-se passar através do organismo sem que disso se dê fé, correntes que seriam fulminantes, se a frequência fosse mais baixa.

Estas observações leváram D'Arsonval a estudar o mechanismo da morte produzida pelas correntes alternativas, reconhecendo assim, que na grande

maioria dos casos esta morte era apenas apparente.

Somente se torna definitiva, deixando persistir a suspensão da respiração.

Se se pratica a respiração artificial, o animal recupera os sentidos passado algum tempo.

Praticando a respiração artificial, e sujeitando o animal á acção da mesma corrente que anteriormente o fulminára, elle manifesta somente dores muito intensas, sem contudo perder os sentidos.

Ha, porém, um limite da resistência do organismo, que se attinge quando a acção da corrente, produzindo o tétano de todos os músculos, eleva a temperatura interior do corpo acima de 45°.

O animal entam morre, porque o calor coagula as fibras musculares do coração.

Este modo de ver é confirmado pela possibilidade de continuar a electrizar o animal, com tanto que elle seja resfriado ao mesmo tempo.

D'Arsonval demonstrou assim, que a morte produzida pela acção das correntes alternativas tem por origem a asphyxia proveniente da suspensão da respiração e, sendo prolongada a acção, pela suspensão dos movimentos do coração resultante da elevação de temperatura.

A electrocução, applicada segundo a lei dos Estados Unidos da América, não representa pois um progresso sobre a decapitação.

Evita por certo a effusão de sangue, mas nada prova, que o suppliciado perca os sentidos quando passa a corrente, sendo até mesmo possível, em muitos casos, que a morte seja apenas apparente.

Depois das descobertas d'Hertz, D'Arsonval pôde entam, aproveitando as rápidas oscillações dos excitadores, desenvolver á sua vontade o estudo das acções das altas frequências.

D'Arsonval (1) empregou nas suas experiências as oscillações produzidas pelas descargas de condensadores, servindo-se duma disposição muito parecida com a de Lodge.

As armaduras internas de duas garrafas de Leyde ligavam-se a uma fonte d'electricidade d'elevado potencial. As armaduras externas retiniam-se por um solenoide formado por 15 ou 20 espiras dum fio grosso de cobre.

Desejando augmentar a tensão collocava-se no interior do solenoide um carrete constituído por um tubo de vidro coberto por muitas espiras dum fio fino de cobre, bem isolado, mergulhado, segundo as indicações de Tesla, num óleo isolador.

Esta disposição permite repetir a maior parte das experiências executadas por Tesla com auxilio do seu transformador.

De duas maneiras se podem utilizar os effeitos physiológicos destas correntes: fazendo-as atravessar directamente os tecidos, ou envolvendo-os por um solenoide do fio conductor, que com elles se não liga electricamente.

Neste último caso, os tecidos comportam-se como conductores fechados sobre si mesmos, e são percorridos por correntes extremamente enérgicas.

(1) D'Arsonval, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. V, 1893, pag. 401.

Debaixo do ponto de vista physiológico, os effeitos obtidos sam sensivelmente os mesmos nos dois casos.

A acção das correntes alternativas de grande tensão é nulla sobre a sensibilidade geral e sobre a contractilidade muscular. Isto é, como se sabe, um facto d'observação geral de todos aquelles que têm experimentado com estes transformadores.

Correntes capazes de alimentar uma porção de lâmpadas eléctricas não produzem a mais pequena sensação, a não ser a de calor, caso a corrente seja muito intensa.

D'Arsonval deixou-se atravessar por correntes de 3.000 milliamperes, alternando um milhão de vezes por segundo.

Uma corrente dez vezes menor, alternando cem vezes no mesmo espaço de tempo, seria sufficiente para matar muita gente.

Duas hypótheses se têm aventado para explicar este phenomeno paradoxal.

A hypóthese d'Hertz admitte, que estas correntes se propagam unicamente á superficie do corpo onde não penetram nem a milléssima parte dum millímetro, não podendo por isso excitar os nervos, mesmo os mais superficiaes.

A outra hypóthese de D'Arsonval suppõe, que os nervos sensitivos e motores se acham organizados como verdadeiros resonadores, sòmente excitaveis por vibrações de determinada frequência; isto é, dar-se-hia com as vibrações eléctricas uma coisa semelhante ao que se passa com o nervo óptico, cujas terminações sam cegas para

as vibrações do ether de períodos inferiores a 497 e superiores a 728 bilhões por segundo.

O nervo acústico acha-se nas mesmas condições para as vibrações sonoras de frequência inferior a 32 e superior a um número compreendido entre 40.000 e 50.000, conforme os indivíduos.

A explicação d'Hertz não é aceitável, porque as correntes d'alta frequência não se propagam no corpo humano como nos conductores.

As próprias fórmulas que traduzem a conductibilidade metálica indicam, que a distribuição da corrente deve ser uniforme no corpo humano, cuja conductibilidade é inferior á da água salgada a 1 por 100.

D'Arsonval (1) verificou este facto, medindo a densidade das correntes segundo o eixo ou junto ás paredes dum cylindro de vidro de 70^{cm} de altura por 25^{cm} de diâmetro, cheio d'água salgada naquella proporção.

A densidade da corrente não differia, duns casos para os outros, da centésima parte do seu valor.

O que é certo é que as correntes d'alta frequência não provocam nenhuma reacção do organismo.

Esta innocuidade pode explicar-se pela falta d'excitação, ou antes, admittindo, que estas correntes exercem sobre os centros nervosos e sobre os músculos, a acção particular que Brown-Sequard denominou inibição.

(1) D'Arsonval, *C. R.*, tom. CXXIII, 2^o semestre, 1896, n.º 1, pag. 23.

Esta acção é mesmo posta em evidência pela experiência.

E' assim, que os tecidos atravessados por estas correntes se tornam menos excitaveis pelos excitantes ordinários, e que o systema nervoso vaso-motor se mostra muito influenciado.

Collocando, por exemplo, um manómetro de mercúrio na carótida dum cão, vê-se a pressão arterial diminuir de vários centímetros, debaixo da acção das correntes de grande frequência.

Verifica-se o mesmo resultado no homem, com o auxilio do esphygmógrapho de Marey.

Ha portanto uma manifesta inibição do systema nervoso vaso-motor, independente de qualquer sensação consciente, o que prova, que as correntes d'alta frequência penetram profundamente no organismo.

Prolongando a acção das correntes, vê-se a pelle vascularizar-se, cobrindo-se ao mesmo tempo de suor.

Consegue-se o mesmo resultado, collocando sobre um tamborete isolador um individuo em communição com um dos polos do transformador, e ligando o outro a uma lâmina metálica isolada, situada próximo da cabeça.

Nota-se tambem um augmento na intensidade das combustões respiratórias, submettendo um animal inteiro á acção das correntes, quer directamente, quer introduzindo-o no solenoide.

Neste caso, o thermómetro mostra não haver elevação de temperatura central. O excesso de calor desenvolvido perde-se por irradiação e eva-

poração, como facilmente se demonstra, introduzindo o animal num calorímetro.

O *rhythmo* e a amplitude dos movimentos respiratórios augmentam também consideravelmente, como o mostram as inscripções destes movimentos no cylindro de Marey (1).

Este modo particular d'electrização dos sêres vivos foi por D'Arsonval (2) denominado *auto-conducção*.

Para obterapparelhos próprios e cómodos para as suas investigações, construíram-se enormes solenoides, formados por conductores ordinários da luz, cuidadosamente enrolados em cylindros de cartão, madeira ou vidro, onde cabia um homem.

Com estes apparelhos fizeram-se curiosíssimas experiências.

Dando ao solenoide, cujas espiras devem ser cuidadosamente isoladas, a fórma dum *annel* ou corôa, e collocando-o na cabeça dum homem, por cima dum fio de cobre ligado a uma lâmpada de 100 velas, consumindo 3 ampères com uma differença de potencial de 110 volts, esta illumina-se vivamente, sem que o indivíduo sinta qualquer sensação particular.

Outro observador incurvando os braços de maneira a poder sustentar o solenoide e segurando com as mãos afastadas uma da outra as extremidades de dois conductores ligados a uma lâmpada

(1) Dr. H. Bordier, *Précis d'électrothérapie*, Paris, 1897.

(2) C. R., tom. cxvii, 1893, pag. 34.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 138.

d'incandescência, vê, que ella se illumina logo que a corrente passa.

Pode nesta experiência fazer-se diminuir a resistência da pelle das mãos, e obter portanto mais facilmente a incandescência da lâmpada, mergulhando-as em água salgada quente.

Estas experiências fizeram grande sensação, quando descriptas pela primeira vez.

Contribuiu para o successo o entusiástico testemunho de Cornu, o illustre physico, e de Marey, o sábio physiologista, que se prestaram a deixar-se atravessar por correntes alternativas dando faíscas de muitos centímetros de comprimento.

Como era d'esperar, vistas as modificações da transpiração e das trocas gazosas da respiração, verificou tambem D'Arsonval (1) que os animaes sujeitos por muito tempo á acção das correntes oscillantes diminuem de peso mais rapidamente.

Nestas experiências o solenoide contendo o animal collocava-se no prato duma balança registadora de Richard.

Uma cobáya perde 6 grammas em 16 horas, não sendo o solenoide percorrido pelas correntes.

No mesmo espaço de tempo perde 30 grammas, quando sujeita a acção das oscillações eléctricas.

Interrompendo novamente a corrente, nota-se o curioso phenómeno do animal ganhar um gramma proximamente durante as duas primeiras horas, depois do que a perda continúa a effectuar-se regularmente como antes da experiência.

(1) D'Arsonval, C. R., tom. cxxiii, 1896, pag. 18.

Viu-se também pela inscripção da balança, que a perda do peso somente se torna uniforme meia hora depois d'estabelecida a corrente.

A fim d'evitar a evaporação, que falsearia os resultados, o solenoide dispunha-se de maneira que as dejecções do animal eram recebidas em azeite.

Outra cobáya perdia, no estado normal, 6 grammas em 5 horas, e 24 no mesmo tempo quando passava a corrente.

Um coelho perdia 48 grammas, estando sujeito oito horas á influência das oscillações, e 23 grammas no mesmo tempo, nas condições normaes.

A perda do peso é, como se vê, mais activa para os animaes mais pequenos.

Danilewsky, professor na Universidade de Khar-koff (1), teve occasião d'estudar detalhadamente a acção dos raios eléctricos sobre os nervos e músculos.

As numerosas experiências effectuadas por este professor concordam com tudo quanto até aqui se tem feito sobre o assumpto, principalmente com as experiências de D'Arsonval, cujas ideias confirmam.

Não entramos no detalhe destas experiências, que pelo seu character mais interessam á physiologia pura do que ao assumpto que nos propuzemos tratar.

(1) Danilewsky, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. ix, n.º 3. Juillet, 1897, pag. 511 e 527.

C. R., tom. cxxiv, n.º 24. Juin, 1897, pag. 1392; n.º 25. Juin, 1897, pag. 1476.

De todas as observações sobre os efeitos physiológicos das correntes alternativas se conclue que o organismo é por ellas profundamente influenciado, debaixo do ponto de vista das trocas nutritivas dos tecidos.

Num individuo sujeito á sua acção, no interior do solenoide, augmentam as combustões na profundidade dos tecidos e as trocas dos gazes respirados, correspondendo isto á execução dum violento exercicio, como seja uma excursão de montanha ou uma corrida em bicycleta. Não sente, porem, o cansaço que dahi lhe podia provir.

Tesla (1) que observou tambem os efeitos physiológicos das oscillações eléctricas e o calor que ellas podem produzir, chamou a attenção dos médicos para o que elle denominou *massagem eléctrica*.

Sustenta tambem, que o calor produzido por este processo seria sufficiente para que uma pessoa inteiramente nua, collocada no polo norte, se encontrasse numa temperatura confortavelmente quente.

Vistas estas enérgicas acções physiológicas, estava naturalmente indicada a exploração dos efeitos therapêuticos destas correntes, muito mais num tempo em que a eléctro-therapêutica ganha terreno dia a dia.

Apostoli (2) applicou-as com bom resultado em gynecologia a fim de combater as dôres e a leucorrhœa.

(1) Tesla, *The electrical Engineer*, New-York. December, 23, 1891.

(2) Apostoli, *C. R.*, tom. cxxv, n.º 4. Juillet, 1897, pag. 267.

Gauthier e Lortet empregaram-nas nas doenças provocadas pela lentidão de nutrição;

Oudin (1) em dermatologia, principalmente no tratamento dos eczemas, que viu completamente curados no fim de três ou quatro sessões.

Tambem com os melhores resultados foram por Apostoli e Berlioz (2), tratados arthriticos, gottosos, reumáticos, glycosúricos, etc.

Em todos estes doentes se notou a restauração das forças, a volta de appetite, do somno, da alegria, da vontade de trabalhar, a facilidade em andar e o desaparecimento da maior parte das perturbações locais e tróphicas.

A secreção urinária era muito augmentada, ao passo que diminuia a proporção d'acido úrico.

D'Arsonval e Charrin (3) tentáram tambem no Hotel Dieu o tratamento da diabetes por meio das correntes d'alta frequência.

Um homem de 33 annos, atacado havia 4 annos, dava 11^l,300 d'urina por dia com 620 grammas, ou 54 grammas por litro.

Ao fim de 42 dias de tratamento, a secreção urinária fixava-se em 7 litros por dia contendo 180 grammas d'assucar, ao mesmo tempo que a pressão arterial passava de 15 a 25^{cm} de mercúrio e a temperatura retomava o valor normal.

(1) Oudin, *Société française d'électrothérapie de Paris*. Mars, 1895.

(2) Apostoli et Berlioz, *C. R.*, tom. cxx, 1894, pag. 644. *C. R.*, tom. cxxv, n.º 5. Août, 1896, pag. 341.

(3) D'Arsonval et Charrin, *C. R.*, tom. cxxiii, 1896, pag. 23.

Noutro caso, uma mulher albuminúrica e diabética, ao fim de 15 dias de tratamento, eliminava metade do assucar primitivamente encontrado nas urinas, baixando a sua proporção de 47 a 24 grammas por litro. No mesmo tempo a pressão arterial passou de 30 a 25 centímetros de mercúrio, e o pulso de 64 a 76.

Em ambos os casos augmentava a toxidade das urinas, quasi nulla no princípio do tratamento.

Estes exemplos sam sufficientes, embora outros se pudessem citar, para demonstrar o valioso auxilio que a medicina encontra no emprego das correntes de grande frequência.

2. Acção sobre as bacteriáceas. O estudo das influências que os agentes physicos exercem sobre os seres vivos, tem grande interesse, ao mesmo tempo theórico e pratico.

O biologista tem por missão investigar as variadíssimas circunstâncias capazes de actuar sobre as differentes células, que influenciadas a todo o instante soffrem na verdade a sua acção.

Este estudo, a que muitos se têm dedicado, tem já evidenciado uma quantidade de phenómenos, em número muito pequeno, comparado com a quantidade e complexidade das influências, cuja intervenção nem sempre é facil d'observar, principalmente quando se experimenta com seres superiores.

Sam, em parte, conhecidas as influências da temperatura, calor, luz e pressão.

Conhecem-se também alguns dos accidentes nervosos, desde a simplez commoção até ás perturbações sensitivas, motoras, psychicas e á própria morte, produzidas pela acção da electricidade, principalmente da atmosphérica.

No intuito de conhecer qual a acção deste agente sobre as células vivas, D'Arsonval e Charrin (1) estudaram a sua influencia sobre as bacteriáceas, que para estas experiências apresentam todas as vantagens.

Por um lado, como seres unicellulares muito simplez e de facil cultura, prestam-se completamente a todas as manipulações e observações; por outro lado, sendo causa da maioria das doenças parasitárias e contagiosas, quaesquer modificações que conseguissem attenuar ou mesmo fazer desaparecer a sua virulência, seriam resultados importantísimos.

As experiências sam, porém, difficeis de realizar, porque, em geral, actúam muitos agentes ao mesmo tempo.

Assim, se por influencia da corrente a temperatura se eleva acima de 50°, a acção do calor confunde-se com a da electricidade.

Se a corrente decompõe o caldo em que se faz a cultura, os productos da decomposição podem actuar sobre os bacillos, representando, por vezes, o papel d'antisépticos.

E' o que acontece, juntando algumas gottas

(1) D'Arsonval et Charrin, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. v, 1893, pag. 664.

duma cultura pyocyánica a um líquido contendo iodeto de potássio, onde se liberta o iodo quando a corrente passa.

Culturas semeadas com este líquido mostram que o poder chromogénico dos bacillos fica profundamente alterado.

Esta acção pode dar-se mesmo no tecido celular sub-cutâneo, como se prova, injectando o líquido isolado nas proximidades duma mancha pyocyánica.

Sujeitando em seguida o individuo á acção das correntes, o líquido é decomposto no interior do organismo, e faz perder aos bacillos parte da sua actividade, impossibilitando-os de fabricar pyocyanina nas culturas posteriores semeadas em gelose.

Para evitar estas acções, D'Arsonval e Charrin empregaram nas suas experiências correntes alternativas d'alta tensão, que actuavam sobre as culturas situadas num tubo, que occupava o eixo dum solenoide, formado por 15 ou 20 espiras dum fio de cobre isolado, de 3^{mm} de diâmetro.

E' impossivel fazer passar directamente a corrente pelo tubo, o que produziria uma elevação de temperatura muito rápida, impossivel d'evitar, mesmo com a disposição indicada.

Para que as differenças de temperatura não falseassem as observações, um thermómetro mergulhado no caldo indicava quando se devia interromper a experiência e mergulhar o tubo em água fresca.

Estas experiências foram começadas em abril de 1893.

Numa das primeiras collocou-se no interior do solenoide um tubo d'ensaio contendo uma cultura de bacillos pyocyánicos.

Antes da passagem da corrente semeáram-se na geleia duas gottas desta cultura, rica em pigmentos; e 10, 20, 60 minutos depois de estabelecida a corrente, semeáram-se no mesmo caldo, mas em tubos diferentes, duas gottas da mesma cultura.

Collocaram-se em seguida todos os tubos numa estufa a 35°, onde estiveram durante três dias, ao fim dos quaes o símplez exame mostrou, que o bacillo proliferára egualmente em todos elles.

A fórma e o poder pathogénico não mostraram alteração, mas o poder chromogénico foi completamente alterado.

Os dois primeiros tubos apresentavam uma côr azul intensa, um pouco enfraquecida no segundo, emquanto que nos dois últimos a côr era apenas esverdeada, e muito desvanecida no quarto (1).

Augmentando a intensidade das correntes, os resultados obtidos foram mais precisos. Não só se modificáram as propriedades chromogénicas como tambem o poder de proliferação dos micróbios.

Empregando a disposição experimental de D'Arsonval (2), com uma frequência de 250.000

(1) D'Arsonval et Charrin, *Société de Biologie*, 6 mai, 1893.

Revue Générale des Sciences, tom. iv, 1893, pag. 361.

(2) D'Arsonval et Charrin, *Archives de Physiologie*, 5^{me} série, tom. viii, 1896, pag. 317.

C. R., tom. cxxii, 1896, pag. 280.

oscillações por segundo, obtiveram-se resultados muito satisfatórios.

Submettendo, durante um quarto d'hora, uma toxina diphtérica muito activa á acção das correntes, injectáram 2 centímetros cúbicos em três cobáyas.

Análoga inecção se fez em três outras destinadas a servir de testemunhas, com a toxina não electrizada.

As testemunhas morreram ao fim de 24, 25 e 28 horas.

Das cobáyas injectadas com os bacillos electrizados, uma morreu ao fim de três dias; as duas outras resistiram.

Quatro outras cobáyas, tendo recebido $2^{\infty},5$ da mesma toxina electrizada, passavam bem ao fim de onze dias.

Depois destas experiências tornou-se evidente a attenuação das toxinas.

Experimentando com outros germens, injectáram-se três centímetros cúbicos de toxina pyocyanica electrizada em quatro cobáyas e igual dose de toxina normal em quatro testemunhas, que morreram ao fim de quatro dias.

As primeiras viviam ainda quatro semanas mais tarde.

E' pois, cabal a demonstração de que as toxinas sam attenuadas pelas correntes de grande frequência.

Este facto é importantissimo porque leva a admittir a possibilidade de se fazer a attenuação directamente no organismo contaminado.

As toxinas, submettidas á acção das correntes de grande frequência, não só se attenuam, como até mesmo se convertem em substâncias immunitizantes, em verdadeiras vaccinas.

Inoculando meio centímetro cúbico duma cultura pyocyânica muito virulenta em três cobáyas, tendo dias antes recebido dois centímetros cúbicos e meio da mesma toxina submettida á acção das correntes oscillatórias, viu-se uma morrer ao fim de quatro dias, e duas resistirem.

As testemunhas morreram ao fim de dois dias.

Noutra experiência observou-se, que, passados quinze dias depois da inoculação da toxina attenuada, as cobáyas inoculadas duma cultura virulenta duráram mais quinze dias que as testemunhas.

Deve observar-se, que estes animaes foram inoculados unicamente com o fim de avaliar o grau de attenuação das toxinas.

E' muito provavel, que seguindo as regras indicadas para a vaccinação, injectando primeiro doses mínimas e augmentando-as progressivamente, se tivesse obtido nestas experiências uma immuniidade mais completa.

Os mesmos auctores (1) têm continuado estas experiências e sempre com o mesmo bom resultado.

(1) D'Arsonval et Charrin, *Société de Biologie*, 1 de fevereiro, 27 de junho e 18 de julho de 1896.

Revue Générale des Sciences, tom. vu, pag. 326, 665 e 667.

São também interessantes as observações de Louis Dubois, de Reims (1), que escolheu como germen pathogénico o estreptococco, inoculando as culturas em coelhos.

O animal inoculado na orelha apresenta, em seguida a uma incubação dalgumas horas, um rubôr, que alastra rapidamente para as regiões próximas, ao mesmo tempo que se manifesta uma febre muito intensa.

Sendo muito virulento o estreptococco, o animal morre ao fim dalgumas horas.

Para submeter as culturas á acção das correntes d'alta frequência, Dubois encerrava o sôro líquido onde se achavam semeadas num pequeno sacco de pergaminho, com os bordos perfeitamente fechados por parafina.

Este sacco, de 8^{cm} de comprimento por 1^{cm} de largura, suspendia-se por meio de fios de seda ás extremidades dum tubo de vidro, com a fôrma dum U muito aberto, completamente cheio de sôro líquido.

As extremidades do tubo fechavam-se com rolhas de carvão das retortas, lutadas com parafina, a que se ligavam os fios conductores da corrente.

A disposição do transformador era a mesma de D'Arsonval.

Numa série de cinco experiências reconheceu-se do mesmo modo, que a acção das correntes não só attenuava muito o poder dos bacillos, incapaz-

(1) Louis Dubois, C. R., tom. cxxiv. Avril, 1897, pag. 788.

zes de produzir a morte depois d'electrizados durante vinte minutos, mas tambem que essas culturas eram capazes de immunizar o animal, pelo menos temporariamente, contra a acção do estroptococco.

Este processo da transformação das substâncias virulentas em vaccinas entrou já na prática diária dos laboratórios (1), onde é empregado, sempre que é possível, pela sua simplicidade e rapidez.

Ao fim dalguns minutos, consegue-se obter o que tantas semanas e trabalhos exige como, por exemplo, a preparação do sôro de Roux. Lortet (2) fez tambem curiosas observações sobre a orientação dos bacteriáceas, sujeitas á acção das correntes alternativas.

Os bacillos vivos orientam-se no sentido da corrente, mas, desde que um líquido antiséptico os mata, a acção da corrente é nulla.

Os bacillos não se tocam pelas extremidades, como succederia aos corpos polarizados; collocam-se apenas parallelamente entre si e a corrente.

Interrompendo a descarga, os micróbios movem-se livremente em todas as direcções, mesmo que a acção se tenha prolongado por espaço de doze horas. E' o que se verificou com o *Bacillus subtilis* e fórmulas análogas.

E' facil introduzir numa preparação uma gotta de fuchsin phenicada, que cora e mata os bacillos.

(1) Armand Gauthier, *Les toxines microbiennes et animales*. Paris, 1896, pag. 365.

(2) L. Lortet, *C. R.*, tom. CXXII, 1896, pag. 892.

Se a quantidade fôr tal que não invada toda a preparação, podem distinguir-se duas zonas: uma de bactérias mortas, insensíveis á acção da corrente, outra de bacillos vivos, que conservam a propriedade de se orientarem.

As correntes constantes não tẽem acção sobre estes microrganismos.

Dada a semilhança entre toxinas e venenos animaes, não é de admirar que Physalix (1) conseguisse attenuar os venenos, o da víbora em especial, pela applicação de rápidas oscillações eléctricas.

Este veneno, sujeito durante vinte minutos á acção das correntes alternativas, perde em parte as suas propriedades inflammatórias.

O veneno modificado pode tambem servir de vaccina, supportando os animaes vaccinados doses elevadas de veneno sem graves prejuizos para a sua economia.

Todas estas bellas experiências deixam entrever a possibilidade de, num futuro mais ou menos próximo, attenuar toxinas e venenos no próprio organismo, sem alterar em coisa alguma os elementos constitutivos dos tecidos.

A realizarem-se as previsões de Tesla, em cada casa o conductor da luz e do calor conduzirá tambem remédio para a maior parte das doenças e quem sabe mesmo se para todas.

(1) Physalix, *Société de Biologie*, 29 de fevereiro de 1896.

CAPITULO IV

ACÇÃO MAGNETIZANTE DAS CORRENTES ALTERNATIVAS

Em 1820, pouco tempo depois da descoberta d'Ersted, notou Arago, que um fio de cobre percorrido por uma corrente eléctrica attrahe a limalha de ferro, cujas particulas converte em outros tantos pequenos magnetes.

Arago reconheceu tambem, que uma corrente de electricidade produzida pelas máchinas electrostáticas possui a propriedade de magnetizar o aço, desde que pela interrupção do conductor se obrigue a descarga a fazer-se por uma série de faíscas.

Estudando mais demoradamente estes processos de magnetização, observou F. Savary (1) pela primeira vez, sem o saber, a acção magnetizante das correntes oscillantes provenientes da descarga de condensadores.

(1) F. Savary, *Annales de Chimie et Physique*, 2^m série, tom. xxxiv. Paris, 1827, pag. 5.

Na primeira série destas experiências estudou-se a acção das descargas transmittidas por conductores rectilíneos.

Os corpos a magnetizar eram constituídos por agulhas d'aço temperado muito finas, com $0^{\text{mm}},25$ de diâmetro e 15^{mm} de comprimento.

Disponham-se horizontalmente, a diversas distâncias do fio, também horizontal, de modo que, sendo perpendiculares ao fio, tivessem todos os centros no mesmo plano.

A bateria que fornecia as descargas, tinha 594^{cm^2} de superficie. Os conductores eram fios de platina com o mesmo diâmetro das agulhas e com 2^{m} de comprimento.

Chamando, com Savary, agulhas magnetizadas positivamente aquellas cujos polos estão situados, como estariam se o fio conductor fosse atravessado pela corrente duma pilha, notou-se, que o sentido do magnetismo produzido pela descarga mudou duas vezes nestas primeiras experiências.

A primeira agulha, em contacto com o fio, era positiva, bem como a décima e seguintes, que delle distavam entre $10^{\text{mm}},9$ e 130^{mm} .

Desde a segunda, situada a uma distância de $2^{\text{mm}},5$, até á nona, a $9^{\text{mm}},7$, eram todas negativas.

O valor da magnetização, medido pelo processo da balança de Coulomb, variava regularmente dumas agulhas para as outras.

As agulhas magnetizadas pelas descargas não apresentavam pontos consequentes nem centros múltiplos.

Submettendo á acção da mesma descarga agulhas idénticas mas de comprimentos differentes, notou-se, que as distâncias do fio ás agulhas em que a magnetização muda de signal, sòmente differiam em duas ou três décimas de millímetros.

Estas differenças podem ser comprehendidas nos erros das primeiras experiências.

Reduzindo a metade o comprimento do fio conductor, observáram-se quatro mudanças no sentido da magnetização, sendo agora positivas as agulhas negativas da série passada e reciprocamente.

Idêntico resultado se obteve com um fio do mesmo comprimento, mas de 0^m,37 de diâmetro.

Empregando fios mais finos, de 0^m,37 de diâmetro e 1^m de comprimento, não havia mudanças no sentido da magnetização.

Savary reconheceu que, empregando a mesma bateria com agulhas eguaes e fios da mesma natureza, a forma da série depende da intensidade da descarga e do diâmetro e comprimento do fio.

Sendo constantes a descarga e o comprimento, ha um diâmetro de fio para o qual a magnetização attinge um valor limite.

Do mesmo modo, existe tambem um máximo para um determinado comprimento, suppondo constantes a intensidade da descarga e o diâmetro do conductor.

Na segunda série d'observações, o fio conductor enrolou-se num cylindro ôco de madeira de 9^{cm} de comprimento por 6^{cm},5 de diâmetro exterior.

Nestas experiências pôs-se do mesmo modo em evidência a influência das dimensões e natureza do fio.

Savary estudou também o comportamento doutros corpos que não fossem o ferro e o aço, quando submettidos á acção das descargas eléctricas dos condensadores.

Na mesma hélice collocavam-se duas agulhas d'aço, uma nua e a outra envolvida por um cylindro grosso de cobre, isolado do fio conductor.

A acção duma descarga, que magnetizava fortemente a primeira, não tinha influência sobre a segunda agulha.

Substituindo esta agulha por outra previamente magnetizada e collocando-a no interior da hélice de modo que a descarga lhe invertesse os polos, ou pelo menos lhe diminuísse o magnetismo, viu-se também, que o cobre absorvia completamente a acção, porque a duração das oscillações da agulha era a mesma no principio e no fim da experiência.

Com o fim d'eliminar a influência do magnetismo terrestre, as agulhas collocáram-se sempre perpendicularmente ao plano do meridiano magnético.

Diminuindo gradualmente a espessura dos invólucros metálicos, as agulhas começaram a ser influenciadas, além de certas grossuras variáveis com a natureza do metal.

Para uma determinada espessura, as duas agulhas mostráram-se igualmente magnetizadas; continuando a adelgaçar a camada protectora, o magnetismo desta agulha augmentava, attingia

um máximo, e diminuía em seguida, até se tornar novamente igual ao da agulha não protegida.

Augmentando a intensidade da descarga, augmentava tambem a espessura do invólucro metálico necessário para que a magnetização das duas agulhas fosse igual.

Todas estas experiências se realizáram, enrolando folhas d'estanho em volta das agulhas.

Savary verificou, que dois cylindros da mesma espessura, um formado por estas folhas e outros d'estanho massiço tinham sensivelmente a mesma acção.

A oitava parte duma lámina de prata batida, pesando 0^{gr},005, enrolada em torno duma agulha com 2^{cm} de comprimento, pesando quinze vezes mais, augmentava dum terço o valor da magnetização produzida numa agulha igual pela descarga duma garrafa de Leyde de tamanho regular.

Tres agulhas de 15^{mm} de comprimento por 0^{mm},4 de diâmetro, uma nua e as outras revestidas por cylindros eguaes de cobre e d'estanho, receberam quantidades de magnetismo muito differentes.

A magnetização da agulha nua era em sentido contrário ao das outras duas.

O cylindro de cobre annullava quasi a acção, que o de estanho pelo contrário augmentava.

Comparando tubos metálicos de comprimentos e espessuras eguaes mas de raios differentes, notou-se, que os mais largos têm maior influencia.

No caso de serem eguaes os diâmetros e as espessuras, os tubos mais curtos exerciam uma acção mais intensa.

Collocados nas circunstâncias dos invólucros metálicos, tubos cheios d'ácido sulfúrico ou azótico e d'água, pareciam não exercer influência sobre a magnetização das agulhas.

As lâminas metálicas, collocadas entre as agulhas e os conductores rectilíneos, exerciam uma acção semelhante á dos cylindros.

Suppondo as agulhas em contacto com as superficies metálicas e as descargas menos intensas que as que, actuando directamente, produzem no aço estados magnéticos oppostos, dois casos se podem apresentar, segundo a posição da lâmina.

Estando a lâmina entre a agulha e o fio, a acção augmenta sendo fortes, e diminúe sendo fracas as descargas.

Para a mesma descarga, lâminas de differentes espessuras podem produzir effeitos contrários, havendo sempre uma espessura do metal para a qual a acção se annulla.

Se, pelo contrário, a agulha estivesse entre o conductor e a lâmina, a magnetização augmentava para os pequenos valores das descargas, tanto mais quanto maior fosse a espessura da lâmina.

Para um determinado valor da descarga, uma lâmina espessa augmentava-a e as delgadas diminuíam-na.

Sendo muito enérgicas as descargas, a acção da lâmina contraria sempre a magnetização, chegando mesmo as agulhas a magnetizarem-se em sentido contrário àquelle em que o fariam, se a lâmina não existisse.

As faces da mesma lâmina exercem, em regra, acções contrárias.

Comparando os effeitos produzidos por lâminas eguaes de metaes differentes, observou-se que elles variavam não só com a intensidade das descargas mas tambem com a espessura das lâminas.

Assim, por exemplo, sendo delgadas ambas as lâminas, o cobre tem uma acção menor que o latão; diminuindo ainda mais a espessura, os papeis invertem-se, apresentando o cobre effeito superior.

A acção da prata é pròximamente egual á do cobre; a do oiro é-lhe muito superior.

Savary (1) explicava já estes phenómenos, admittindo a hypóthese, mais tarde confirmada, de que, durante a descarga, o movimento eléctrico se compõe duma série d'oscillações, transmittidas do fio ao meio ambiente, e rapidamente amortecidas pelas resistências, cujo valor augmenta muito com as velocidades absolutas das partículas agitadas.

Oberbeck (2), estudando as acções magnéticas das oscillações eléctricas, observou, que, fazendo actuar sobre núcleos de ferro ou aço forças magnéticas constantes em grandeza e direcção, mas que sam funcções do tempo, as variações dos momentos magnéticos obedecem ás leis co-

(1) F. de Savary, *Annales de Chimie et de Physique*, 2^{me} série, tom. xxxiv, 1827, pag. 54 e 220.

(2) A. Oberbeck, *Wied. Ann.*, tom. xxi, 1884, pag. 672, tom. xxii, 1884, pag. 73.

Journal de Physique, 2^{me} série, tom. iv, 1885, pag. 585.

nhecidas, contanto que se leve em conta a acção induzida pelas correntes na massa metálica.

As variações periódicas do momento magnético produzidas pelas forças exteriores num determinado ponto dum longo núcleo de ferro propagam-se de tal modo que as amplitudes dos momentos decrescem com as distâncias ao ponto d'excitação.

O valor destes momentos depende sòmente das propriedades do ferro empregado, enquanto que a velocidade de propagação, já de si muito grande, é mais ou menos diminuída pelas correntes d'inducção produzidas por esta propagação.

Estas observações foram confirmadas pelo professor Augusto Righi (1), que numa longa série d'experiências procurou tambem estudar os phenomenos que acompanham a magnetização do aço pelas correntes alternativas.

Birkeland (2), tendo demonstrado experimentalmente, que as correntes oscillatórias propagando-se ao longo dum fio de ferro magnetizam transversalmente a delgada camada em que penetram, procurou pôr em evidência a existência d'ondas magnéticas estacionárias em cylindros magnéticos, que seriam análogas ás ondas eléctricas estacionárias obtidas ao longo dos fios conductores.

(1) A. Righi, *Atti dell'Accademia delle Scienze di Bologna*, 4.^a série, tom. x, 1881, pag. 482.

(2) Birkeland, *C. R.*, tom. cxviii, 1894, pag. 1320.

Journal de Physique, 3.^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 396.

O. Lodge, *The work of Hertz and some of his successors*, 2.^a edition, London, pag. 55.

Para obter substâncias magnéticas não conductoras, a fim de que a indução magnética possa penetrar profundamente no meio em experiência, misturou Birkeland paraffina fundida com limalha de ferro ou, ainda melhor, com ferro chymicamente reduzido a pó impalpavel.

A mistura tornava-se mais homogeneia, juntando-lhe quartzo em pó muito fino.

Como a experiência demonstra, o ferro massiço não pode servir de conductor para estas ondas, porque a sua conductibilidade metálica impede a manifestação das propriedades magnéticas.

Para observar se uma substância qualquer é ou não susceptivel de ser magnetizada pelas oscillações eléctricas, dava-se-lhe a forma dum cylindro, que se introduzia em seguida numa hélice formada por doze espiras dum fio bem isolado, situado no lado opposto á interrupção do circuito secundário.

O micrómetro de faíscas, terminado em ponta numa das extremidades e em esphera na outra, collocava-se sobre um condensador, cuja capacidade se fazia variar, a fim de obter novamente a resonância quando alterada pela introdução das diversas substâncias na espiral do circuito secundário.

O oscillador empregado era do typo dos d'Hertz, e dava faíscas de 6^{mm} de comprimento.

As experiências estenderam-se a doze cylindros diferentes, de 20^{cm} de altura por 4^{cm} de diâmetro:

- 1 — Cylindro massiço de ferro macio.
- 2 — Cylindro formado por um feixe de fios finos de ferro macio mergulhados em paraffina.

3 a 9 — Cylindros de paraffina e ferro contendo respectivamente em volume 5, 10, 15, 20, 25 a 50 por cento de ferro.

10 — Cylindro de paraffina com 40 por cento em volume de limalha fina de zinco.

11 — Cylindro de paraffina com 20 por cento de limalha de latão.

12 — Tubo de vidro de 4^{cm},5 de diâmetro, que se enchia com differentes electrólytos mais ou menos conductores.

Para fazer uma observação, afinava-se o resonador com o excitador quando a hélice estava vazia, e media-se o comprimento da fálscia maior, que nas experiências de Birkeland variava entre 4 e 9 millímetros.

Em seguida introduziam-se na hélice os diversos cylindros, e media-se novamente o comprimento da fálscia.

A introduccção do cylindro 1 não modifica o comprimento da fálscia, ao passo que os cylindros 2 a 4 a reduziram até um décimo do primitivo comprimento, 7 e 8 até um centesimo e 9 até $\frac{1}{200}$.

A influéncia dos cylindros 10 e 11 era insignificante; o comprimento da fálscia diminuía apenas de 8 para 7 millímetros.

O mesmo se observou, enchendo o tubo 12 com água distillada, enquanto que, enchendo-o com ácido sulfúrico em solução a 10, 20 e 30 por cento se reduzia sempre a fálscia de 9 a 1,3 millímetros.

Procurando restabelecer a resonância entre os circuitos primário e secundário, reconheceu Birke-

land, que o periodo deste último era sensivelmente augmentado pela introdução de qualquer dos cylindros 2 a 4, embora diminuísse o comprimento da faísca. Introduzindo na hélice os cylindros 5 a 9, tornava-se impossivel o restabelecimento da afinação, o que por certo era devido á grande absorpção d'energia pela mistura de ferro e paraffina.

Esta absorpção é provavelmente devida á hystéresis dos cylindros ferruginosos.

O desenvolvimento do calor de Joule era typicamente demonstrado com o cylindro 12, sendo, sem dúvida, da mesma ordem nos cylindros 3 a 9, 10 e 11.

Birkeland attribue tambem á absorpção d'energia o não ter podido observar ondas magnéticas estacionárias nos circuitos de ferro paraffinado.

Envolvendo em folha d'estanho os cylindros 2 a 9, antes de os introduzir na hélice do resonador, a sua acção annullava-se.

Com o fim de observar este phenómeno mais rigorosamente construíram-se dois cylindros de cartão fino.

Um G, com geratrizes formadas de fio de cobre de 0^{mm},5 de diâmetro, distantes 4^{mm} umas das outras; outro P, com parallellos metállicos fechados, formados pelo mesmo fio e á mesma distância que as geratrizes.

Envolvendo qualquer dos primitivos cylindros pelo cylindro G antes de o introduzir na hélice, a sua acção subsistia inalterada; ao passo que, envolvendo-os pelo cylindro P, a acção eliminava-se por completo.

Para determinar a profundidade até onde se faz sentir a acção magnetizadora das correntes oscillantes, preparou Birkeland cylindros ocos tambem de ferro e paraffina em que se introduziam successivamente outros cylindros massiços.

Collocando um destes cylindros ocos na hélice, a fálscia secundária diminuía muito, mas o enfraquecimento augmentava ainda pela introduccão dos cylindros massiços.

Reconheceu-se, por este processo, que a acção magnetizante se faz sentir através duma espessura de 7^{mm} da mistura da paraffina com 10 por cento de ferro, e de 5^{mm} da mistura com 25 por cento de ferro.

Estes dieléctricos sam uma realizacão das ideias de Poisson e Mossoti (1), que supõem ser o ar o único dieléctrico homogénio, emquanto que os outros seriam constituídos por pequenas espheras conductoras, disseminadas numa substância isoladora com as propriedades do ar.

John Trowbridge (2), estudando a propagação das ondas magnéticas, procurou tambem saber se existem nós na magnetizacão duma barra de ferro, submettida ás acções de dois carretes atravessados por uma corrente alternativa cujo período era dum centésimo de segundo.

Ao longo da barra deslocavam-se outros dois pequenos carretes, respectivamente ligados a dois

(1) H. Poincaré, *Électricité et Optique*, tom. 1, Paris, 1890, pag. 42.

(2) John Trowbridge, *Philosophical Magazine*, 5^a series, tom. xxxiii, London, 1792, pag. 374.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. II, 1893, pag. 281.

telephónios, em cujas membranas se reflectia successivamente um feixe luminoso.

A disposição dos telephónios era tal, que a vibração dum produzia um deslocamento horizontal, e a do outro um deslocamento vertical dos raios luminosos.

A vibração simultânea dos dois telephónios produzia uma das figuras de Lissajous.

A phase de vibração das membranas depende da phase da corrente induzida no pequeno carrete, que por sua vez depende do movimento das moléculas do ferro.

O systema dos dois telephónios permittia reconhecer se os movimentos das moléculas de dois pontos differentes da barra têm a mesma phase ou phases differentes.

A experiência mostra, que a curva luminosa produzida sobre um alvo pelo raio reflectido nas membranas é uma ellipse, cuja orientação e excentricidade dependem das posições dos carretes magnetizantes, do sentido das correntes que os atravessam, e da posição do carrete d'exploração.

Sòmente num caso se observou uma linha recta horizontal ou vertical, quando um dos carretes d'exploração se collocava ao meio do intervallo que separa os carretes magnetizantes.

O sentido das correntes nestes carretes era tal, que os polos do mesmo nome estavam sempre próximos um do outro.

A existencia deste único nó tanto se pode explicar por uma propagação do magnetismo análoga á do calor, como por uma propagação ondulatória,

que Trowbridge nega, e a experiência não confirma.

Henri Veillon (1) estudou também a acção magnetizadora das correntes alternativas, servindo-se das descargas oscillantes das garrafas de Leyde. Veillon não obteve, como Savary, magnetizações normaes e anormaes, mas verificou, que, no interior das barras, a magnetização diminue, soffrendo numerosas oscillações, em vez de crescer regularmente, como acontece nos campos magnéticos produzidas pelas correntes continuas.

E' provavel, que os effeitos das acções eléctricas da descarga se sobreponham successivamente, e attingam profundidades diferentes, dependentes das dimensões da barra e dos phenomenos d'hysteresis.

Em summa, segundo as experiências de Veillon, o magnetismo total da barra compõe-se de camadas coaxiaes, alternando de polaridade dumas para as outras, e correspondentes ás mudanças de sentido do deslocamento eléctrico na descarga.

Silvanus P. Thompson e Miles Walker (2), tratando o problema pelo cálculo, chegaram a uma

(1) Henri Veillon, *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 4^{me} série, tom. 4, 1796, pag. 305 a 409.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. vi, Mai 1897, pag. 272.

(2) S. P. Thompson, and M. Walker, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 564.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 42.

fórmula que permite determinar o enrolamento dos fios dos electro-magnetes, que em determinadas condições de frequência e voltagem produzem um número fixo de amperes-voltas.

Os resultados concordam satisfactòriamente com as medidas experimentaes.

CAPITULO V

• ACÇÕES MECHANICAS DAS CORRENTES ALTERNATIVAS

Entre as acções das correntes alternativas tornáram-se notaveis os effeitos mechánicos, observados primeiramente pelo professor Elihu Thomson (1), cujas experiências foram continuadas pelo professor J. A. Fleming (2), entre outros.

Suspendendo por meio dum fio flexivel um anel conductor em frente dum dos polos dum electro-magnete, collocado horizontalmente, e percorrido por correntes alternativas, sabe-se bem, que a força electro-motriz induzida naquelle circuito é, em cada instante, proporcional ao número

(1) Elihu Thomson, *Electrical World*, London. May, 1887, pag. 258.

Electrical Engineer, New-York. June, 1887, pag. 211.

Alternating and interrupted electric currents by George Forbes, London, Riggs and C.^o, 1896.

(2) J. A. Fleming, *A discourse delivered at the Royal Institution on March*, 6-1891.

The electrician, tom. xxvi, London, 1891, pag. 567 e 601.

d'inversões do campo magnético em que se acha mergulhado.

A acção dinâmica, isto é, a força que solicita o anel é também, em cada instante, proporcional ao producto da intensidade do campo magnético pela intensidade da corrente induzida no anel.

O anel suspenso do fio é, logo que passa a corrente, repellido enérgicamente do polo do electro-magnete.

Collocando verticalmente o electro-magnete, e approximando dum dos polos um anel de cobre seguro com as mãos, sente-se uma repulsão tanto mais forte quanto menor fôr a sua distância ao polo.

Largando-o, o anel salta para longe do magnete, cahindo, por vezes, a consideraveis distâncias.

Esta experiência pode repetir-se com qualquer anel conductor, mas executa-se melhor empregando o cobre ou o alumínio.

Os aneis de zinco e latão mostram-se pouco influenciados; os de chumbo não são repellidos nem attrahidos pelo electro-magnete.

Estes effeitos demonstram-se facilmente, suspendendo discos eguaes de diferentes metaes ao travessão duma balança que se carrega com pesos até se restabelecer o equilibrio.

Pode também demonstrar-se a mesma acção, collocando sobre o polo do electro-magnete um tubo de papel.

Fazendo passar as correntes alternativas no carrete, e introduzindo um anel no tubo, vê-se, que elle fica suspenso no ar, do mesmo modo que uma boia fluctuando na água.

Se no tubo se introduzirem aneis do mesmo diâmetro mas de metaes differentes, cada um delles fluctuará a differentes alturas, como acontece aos líquidos não misciveis, quando contidos no mesmo vaso.

As repulsões sam tanto mais pronunciadas quanto maior fôr a conductibilidade do metal, e por isso os aneis de cobre podem ainda ser suspensos em campos magnéticos alternativos tam fracos, que os dos outros metaes se mostrem indifferentes á acção.

E' tambem possivel demonstrar, que estes aneis metállicos sam percorridos por correntes poderosas circulando todas no mesmo sentido.

Com effeito, estando dois ou mais aneis encerrados no tubo de papel e obrigando os superiores a descer até chegarem ao contacto dos que estam situados mais abaixo, os aneis ficam todos reúnidos, como que collados, enquanto funciona o electro-magnete, e tomam no espaço uma posição intermédia entre as posições que primitivamente occupavam os aneis extremos.

E' evidente, que qualquer interrupção no anel que impeça a circulação das correntes induzidas, faz immediatamente cessar a repulsão.

Demonstra-se isto facilmente, cortando com uma tesoura um anel de fio de cobre suspenso no ar pela influencia do electro-magnete; o anel cahe no mesmo instante.

Quando a resistência das massas ou circuitos metállicos que se approximam do polo do electro-magnete é muito pequena, a acção é tam consi-

deravel, que mesmo empregandoapparelhos de pequenas dimensões se podem manter no ar anéis ou discos muito pesados.

Repetindo esta experiência com discos de cobre de tres chilogrammas ou mais, é conveniente guiá-los por tres ou quatro fios, aliás o disco seria, na maior parte das vezes, lançado lateralmente.

Uma das mais curiosas experiências do professor Elihu Thomson consiste em lastrar uma pequena lâmpada d'incandescência por meio duma hélice de fio de cobre isolado, cujas extremidades se ligam aos polos da lâmpada.

Introduzindo este systema num vaso com água, situado sobre o polo do electro-magnete e fazendo-o atravessar pelas correntes alternativas, vê-se não só a lâmpada illuminar-se, mas também emergir do líquido, em virtude da expulsão exercida contra o circuito conductor a que está ligada.

Caso o disco ou anel conductor estejam ligados a um eixo em torno do qual possam gyrar, a acção do polo do electro-magnete fá-los tomar rápido movimento de rotação, se se tiver encoberto parte do núcleo de ferro.

Demonstra-se facilmente este phenomeno, aproximando duma das extremidades do electro-magnete um disco circular de cobre, ligado a um eixo perpendicular ao seu plano.

Se o bordo do disco apanha toda a superficie do núcleo de ferro, observa-se apenas uma repulsão; encobrindo parte desta superficie por outra lâmina conductora, o disco adquire um movimento de rotação.

Esta segunda lâmina protege parte do disco da acção inductora do polo, o que faz com que as correntes se distribuam de maneira a attrahirem-se continuamente, o que obriga o disco a mudar sempre de posição.

Substituindo nesta experiência a lâmina por um segundo disco análogo ao primeiro, nota-se, que ambos tomam um movimento de rotação mas em sentidos contrários.

Estas acções, resultantes de encobrir parte da superfície do polo do electro-magnete, podem pôr-se em evidência ainda por outra forma.

Collocando um vaso com água, onde fluctue uma pequena esphera de cobre, sobre um dos polos do electro-magnete, vê-se, que ella adquire rápido movimento de rotação em torno dum dos seus diâmetros, cada vez que entre o vaso e a extremidade do núcleo se introduz uma pequena parte duma lâmina de cobre.

O movimento é devido á attracção entre as correntes circulares induzidas na lâmina e na esphera.

Prolongando o núcleo do electro-magnete por uma haste mais delgada, onde se suspende um gyroscópio formado por uma roda de ferro atravessada diametralmente por uma faixa de cobre, este aparelho gyra com grande velocidade, desde que o carrete seja atravessado pelas correntes oscillantes.

Empregando um electro-magnete circular, cujos polos estejam muito próximos, pode entre elles manter-se uma lâmina metálica muito conductora,

quando se fazem passar pelos fios do carrete correntes alternativas.

A conductibilidade influe tanto nesta experiência, que é possível distinguir por este processo as moedas de prata verdadeiras das que não tenham o título legal.

As primeiras aguentam-se entre os polos, enquanto que as segundas caem.

Walcher (1) serviu-se destas propriedades das correntes alternativas para, tratando o problema pelo cálculo, medir as correntes alternativas.

Do mesmo modo Nikolaieff (2) estudou cuidadosamente, no Instituto de Physica de Zürich, a repulsão dos anéis metálicos pelos electro-magnetes excitados pelas correntes alternativas, conseguindo determinar com precisão, por meio dos espectros magnéticos, a direcção das linhas de força.

J. Borgman (3), repetindo no seu laboratório as experiências de Elihu Thomson, conseguiu observar alguns phenomenos novos.

(1) G. T. Walcher, *Repulsion and rotation produced by alternating electric currents.*

Philosophical Transactions of the Royal Society of London, tom. CLXXXIII, series A, 1892, pag. 279-329.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. III, 1894, pag. 38.

(2) Wladimir Nicolaieff, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. IV, 1795, pag. 519.

(3) J. Borgman, *C. R.*, tom. CX, 1890, pag. 233 e 849.

Journal de la Société Physico-chimique Russe, tom. XVII, 1890, pag. 170, 221 e 223.

Journal de Physique, 2^{me} série, tom. X, 1891, pag. 427 e 591.

Um anel formado por um grosso fio de cobre suspendia-se do travessão duma balança, e equilibrava-se por meio de pesos collocados no outro prato.

Por baixo do anel dispunha-se verticalmente um carrete de 120^{mm} d'altura, 43^{mm} de diâmetro interior e 120^{mm} de diâmetro exterior, formado por fio de cobre com 2^{mm},5 de diâmetro.

Este carrete podia munir-se interiormente dum núcleo de ferro massiço ou formado por um feixe de fios finos do mesmo metal, e era percorrido por correntes fornecidas pela descarga de accumuladores.

Um commutador movido por um pequeno motor de Breguet dando mil voltas por minuto, invertia, no mesmo tempo, cento e vinte vezes o sentido da corrente.

Mesmo com uma fraquíssima corrente de 0,15 ampères, a repulsão do anel observava-se com toda a nitidez.

A acção era augmentada introduzindo no carrete o núcleo de ferro.

Substituindo o anel por um disco horizontal de cobre do mesmo diâmetro ou por um tubo do mesmo metal, que se suspendia na cavidade cylíndrica do carrete, observou-se também uma repulsão notavel, menor, porém, para o tubo que para o disco ou para o anel.

Se em vez do commutador se empregava um interruptor produzindo um número de interrupções de corrente igual ao das inversões obtidas com o commutador, observavam-se ainda repulsões mas muito menos enérgicas.

Observáram-se também curiosos phenómenos á superficie do mercúrio.

Empregando um carrete formado pelo simplez enrolamento do fio metálico e collocando-o debaixo dum vaso cylíndrico de vidro com 76^{mm} de diámetro contendo mercúrio, em cuja superficie se lançava pó de lycopódio, vê-se, pelo movimento das partículas deste pó, que pouco depois de fechada a corrente se fórman duas correntes circulares de direcções contrárias, que se reúnem próximo do eixo do cylindro de vidro, formando uma corrente central única.

Estas correntes sam mais bem accentuadas quando a espessura do mercúrio é mínima, apenas sufficiente para cobrir o fundo do vaso.

Augmenta-se também a velocidade das correntes introduzindo no carrete um núcleo de ferro.

Se se produz uma asymetria no campo do carrete, cobrindo, por exemplo, com uma lâmina de cobre uma parte da base do vaso de vidro, observáram-se dois turbilhões cuja corrente commum é dirigida para a lâmina.

Do mesmo modo, collocando por baixo do vaso dois ou tres discos metálicos, obtém-se quatro ou seis turbilhões cujas linhas de demarcação sam dirigidas ao longo dos diâmetros dos discos.

Collocando diametralmente por baixo do vidro uma faixa de metal, observam-se quatro turbilhões, cujas linhas de demarcação sam uma parallela e outra perpendicular á direcção da maior dimensão da faixa.

Obtêm-se também dois fortes turbilhões dirigidos para o centro do carrete, collocando o vaso com mercúrio um pouco excentricamente sobre o carrete, provido do respectivo núcleo de ferro.

Dispondo por baixo do vaso um anel chato formado por tres sectores de cobre, latão e zinco, obtêm-se seis turbilhões d'intensidades differentes, sendo mais fortes os correspondentes ao cobre e apenas perceptíveis os do zinco, mesmo no caso em que a intensidade da corrente seja superior a 2 ampères.

Sendo o vaso menor que o cylindro interno do carrete, e tendo ambos os eixos em linha recta, não se observa movimento algum á superficie do mercúrio.

Collocando o carrete horizontalmente de modo que só uma parte do mercúrio fique por cima do fio, observam-se ainda dois turbilhões com uma linha de demarcação situada por cima do eixo do carrete.

Estes turbilhões observam-se ainda collocando verticalmente o carrete ao lado do cylindro de vidro; nota-se, porém, que neste caso a intensidade dos movimentos do mercúrio é muito pequena.

Estes phenómenos podem também observar-se nas gottas isoladas, que se formam quando o mercúrio não cobre completamente o fundo do vaso.

Espalhando limalha de ferro á superficie do mercúrio, nota-se, que as partículas maiores tendem a dispôr-se segundo as direcções das linhas de força, cedendo contudo um pouco ao movimento turbilhonar do mercúrio.

As partículas mais pequenas da limalha saltam em todas as direcções, como se fossem gottas líquidas no estado esferoidal.

Noutra série d'experiências, em collaboração com Gerchoun, procurou Borgman estudar quantitativamente os phenómenos observados.

A corrente era fornecida por accumuladores da fábrica Jablochhoff, modelo C₇, e tornada alternativa por meio dum pequeno motor Breguet.

Um contador do anemómetro de Combes indicava o número de rotações do commentador, cuja velocidade se modificava por meio dum freio, constituído por um fio mais ou menos tenso.

Para medir a intensidade das correntes alternativas por meio dum electro-dynamómetro de Siemens, único de que se dispunha, interpôs-se no circuito do primeiro carrete um outro mais pequeno, sem núcleo de ferro.

Mediam-se as correntes induzidas por este carrete em uma hélice de fio conductor ligada ao electro-dynamómetro.

Experimentando com discos massiços obtiveram os seguintes resultados:

1.º As repulsões dum disco collocado horizontalmente sobre um carrete sam proporcionaes ás deflecções do electro-dynamómetro.

2.º Estas repulsões diminuem á medida que a distância entre o carrete e o disco augmenta. A variação é próximamente proporcional á raiz quadrada da distância.

3.º Para discos d'egual diâmetro, as repulsões augmentam com a espessura.

Assim, para um disco de zinco de $75^{\text{mm}},9$ de diâmetro e $2^{\text{mm}},75$ d'espessura, a repulsão foi de 0,899; para outro disco da mesma substância e diâmetro, mas de $4^{\text{mm}},25$ d'espessura, a repulsão foi igual a 1,861.

Para dois outros discos de zinco de $53,8$ de diâmetro e de $2^{\text{mm}},75$ e $6^{\text{mm}},25$ d'espessura, estes valores foram respectivamente 0,237 e 0,857.

4.º Sendo constante a espessura, as repulsões diminuem com o diâmetro.

Por exemplo, dois discos de $2^{\text{mm}},75$ d'espessura por $75^{\text{mm}},9$ e $53^{\text{mm}},8$ de diâmetro, eram repellidos na proporção de 0,899 para 0,237.

5.º As repulsões diminuem quando augmenta a resistência específica do disco.

Para discos de $75^{\text{mm}},9$ de diâmetro e $2^{\text{mm}},75$ d'espessura, de cobre, zinco, latão e chumbo, cujas resistências específicas são respectivamente 0,0185; 0,06; 0,75 e 0,22 as repulsões correspondentes foram 1,119; 0,994; 0,821 e 0,133.

6.º As repulsões augmentam quando diminue o número d'inversões da corrente.

Em algumas séries de experiências, em que o número n d'inversões por minuto variava entre 2500 e 13000, notou-se entre estas quantidades uma proporcionalidade quasi rigorosa.

7.º Um disco de ferro foi atrahido pelo carrete.

8.º Nestas experiências o carrete de 120^{mm} de altura não tinha núcleo de ferro.

A presença do núcleo augmenta muito a repulsão.

Assim, sendo $n = 10.500$ acháram-se para valores das repulsões do mesmo disco, 63,8 tendo o carrête o núcleo e 4,84 quando o não tinha.

Nestas condições a influência do número d'alternações é a mesma que no primeiro caso.

Nas experiências de W. Nicolaieff (1) sobre as manifestações do campo produzido em torno dos circuitos percorridos pelas correntes alternativas, empregaram-se ora um carrête de Ruhmkoff, ora um dynamo alternador, que fornecia potenciaes cujas diferenças podiam attingir 250 volts.

Para obter um potencial oscillante d'amplitude variavel, punha-se um dos polos do carrête em comunicação com a terra.

Os dois polos ligavam-se, além disso, a um micrómetro de faíscas, cuja distância disruptiva se podia fazer variar.

Para explorar o campo usava-se um electros-cópio de folhas d'alumínio, protegido por uma caixa de vidro.

As observações faziam-se no campo produzido pelo carrête percorrido pelas descargas oscillantes, ou no campo creado por um disco de Faraday, isto é, por uma espiral conductora, ligada ao segundo polo do transformador.

Parallelamente ao plano desta espiral collocava-se uma lâmina metálica, que cobria parte da sua superficie.

(1) Wladimir Nicolaieff, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. II, 1893, pag. 36.

Próximo desta lâmina e em comunicação eléctrica com ella punha-se o electrôscópio, cujas folhas divergiam fortemente quando o carrete funcionava.

A divergencia manifestava-se não só em todo o comprimento das folhas d'alumínio, mas tambem nos pontos não separados da espiral pela lâmina metálica, que della eram repellidas num sentido perpendicular ao primeiro. Os desvios das folhas davam-se, deste modo, em dois planos normaes.

Se em vez de ligar a lâmina ao electrôscópio se ligar, por qualquer ponto, com uma das extremidades dum telephónio, estando a outra ligada ao solo ou isolada, ouve-se um som muito intenso.

Demonstra-se tambem a existência do campo, suspendendo por cima da espiral ou do carrete duas pequenas esferas de vidro, ligadas a fios de seda com 4^m de comprimento.

Funcionando o' carrete, as esferas conservam-se afastadas á distância de 4 ou 5^{cm}.

Para facilitar a variação da distância entre a lâmina e a espiral, collocaram-se sobre ella, tres cylindros de madeira em que assentava uma lâmina de paraffina coberta por uma folha d'estanho.

Esta disposição é inconveniente, porque a madeira influe na carga do estanho.

Nas experiências rigorosas, seria mais conveniente encher o espaço comprehendido entre a espiral e a lâmina com uma substância homogénia e continua.

O electrosκόpio empregado foi calibrado por meio dum voltmetro de Cardew intercalado numa bateria d'accumuladores, de modo que se conhecia approximadamente o potencial effectivo do electrosκόpio, quando carregado pelas descargas oscilantes.

Embora com a disposição eapparelhosempregados, as medidas não podessem ser rigorosas, as experiências mostráram que a acção electrostática, indicada pelo electrosκόpio, depende da distância da folha d'estanho á espiral.

Quanto ao som ouvido no telephónio quando a espiral era percorrida pelas correntes do carrete de Ruhmkorff, assemelhava-se muito, embora fosse mais intenso, ao som produzido pelas faíscas das máquinas electro-estáticas.

CAPITULO VI

VARIAÇÕES DA RESISTÊNCIA DOS CONDUCTORES

Como se sabe, é grande a differença entre as resistências que os metaes offerecem á passagem das correntes contínuas e á passagem das correntes oscillantes, que pouco penetram além da superficie dos conductores.

Os effeitos caloríficos (1) e a distribuição das correntes (2) é tambem differente, como era de prevêr.

A experiência tem demonstrado que a resistência d'alguns conductores percorridos pelas oscillações eléctricas, não é constante.

Aschkinass (3) intercalando á moda ordinária um conductor numa ponte de Wheatstone, mediu as respectivas resistências, antes e depois de o sujeitar á acção das radiações eléctricas.

(1) J. J. Thomson, *Recent researches in electricity and magnetism*, London, 1893, pag. 315.

(2) Idem, pag. 510.

(3) Aschkinass, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. x, 1895, pag. 59.

Primeiro preparou Aschkinass uma rede de folha d'estanho, análoga ás que muitas vezes se empregam nas resistências do bolómetro.

A rede tinha 4^{cm} de comprido por 3^{cm},5 de largo; constava duma faixa de 0^{mm},75 de largura, formando quatro malhas, isoladas umas das outras.

A sua resistência, quando percorrida pelas correntes contínuas, era de 30 ohms.

Fazendo actuar as radiações eléctricas sobre a rede, esta soffre uma diminuição de resistência, que se prolonga mesmo depois de cessar a irradiação.

Este phenomeno é independente da orientação da rede a respeito do excitador.

Para que a rede retome a primitiva resistência é necessário aquecê-la ou sujeitá-la a choques mechanicos, taes como os obtidos pela percursão do caixilho que a contém.

A variação de resistência mostrou-se, nestas experiencias, independente do comprimento das ondas empregadas; mas sòmente se manifestava quando as faíscas do excitador tinham um certo comprimento.

O phenomeno tornou-se principalmente notavel pela sua sensibilidade; observava-se ainda estando a rede distante 3^m do excitador, quando nas mesmas circumstancias um resonador d'Hertz dava faíscas apenas á distancia de poucos centímetros.

Phenómenos semelhantes, embora menos nítidos, foram observados empregando redes formadas por fios de ferro, platina e prata.

Mizuno (1) repetiu estas experiências, concluindo também, que as variações de resistência das redes, cuja sensibilidade cresce com a fineza e estreiteza das malhas, indicam melhor e mais rigorosamente a presença das ondas, que os resonadores ordinários.

Mizuno considera a variação de resistência não como um fenómeno molecular, mas como uma simplez acção mecânica.

Explica-a, suppondo que mesmo empregando as lâminas mais afiadas para cortar os fios das redes, os seus bordos ficam sempre denteados, e que estes dentes chegando ao contacto, pela acção das ondas eléctricas, diminuem a resistência.

O regresso á primitiva resistência pela acção dos choques mecânicos explicar-se-hia facilmente, pela destruição destes contactos.

A explicação de Mizuno é perfeitamente accetável, e faz lembrar, como se vê, a que Righi (2) deu da diminuição de sensibilidade dos seus resonadores.

A. Sadovsky (3) estudou a acção das oscillações eléctricas sobre o bismutho, cuja resistência para as correntes contínuas varia, quando sujeito á acção dum campo magnético, como, annos antes, Righi tinha demonstrado.

(1) Mizuno, *Philosophical Magazine*, 5^a series tom. XL, 1895, pag. 497.

(2) *Oscillações eléctricas*, 1, pag. 36.

(3) A. Sadovsky, *Journal de la société Physico-chimique Russe*, tom. XXVI, n.º 2, 1894.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. IV, 1895, pag. 186.

Lenard (1) tentára já uma série d'experiências neste sentido, demonstrando que a resistência *o* dum fio de bismutho, antimónio ou tellúrio, para as oscillações eléctricas, quando o fio está disposto normalmente ás linhas de força dum campo magnético pouco intenso, é inferior á resistência *e* do mesmo fio para as correntes continuas.

Nos campos magnéticos muito intensos observava-se o contrário.

Sadovsky começou por determinar a diferença *o — e*, fóra do campo e depois num campo magnético fixo, estudando sòmente a influência do número d'interrupções da corrente no circuito primário do carrete, cujo secundário fornecia as correntes alternativas.

A disposição experimental era análoga á de Lenard.

A resistência do bismutho media-se por meio duma ponte de Wheatstone, systema cylíndrico de Kolrausch, levando o galvanómetro á immobillidade, caso se empregassem correntes constantes, e determinando o som mínimo dum telephónio, no caso das correntes alternativas.

O interruptor era constituido por uma roda, cujos dentes tocavam successivamente uma móla, o que produzia, segundo a velocidade de rotação, 100 a 2.000 interrupções por segundo.

Experimentando fóra da acção do campo magnético achou Sadovsky, que crescendo o número

(1) P. Lenard, *Wied. Ann.*, tom. xxxix, 1890, pag. 619.
Journal de Physique, 2^{me} série, tom. x, 1891, pag. 569.

d'interrupções do circuito primário de 100 a 2.000 o valor de $\alpha - e$ augmenta de 0,0012 a 0,0028; tomando e como unidade.

Nas mesmas circunstâncias, Zend tinha achado $\alpha - e = -0,0011$, e Lenard, experimentando com 10.000 oscillações por segundo, achára $\alpha - e = -0,0023$.

Collocando o fio de bismutho normalmente ao campo magnético produzido pelo grande electro-magnete da Universidade de S. Petersbourg, percorrido por uma corrente de 20 ampères, a resistência augmentava 2.2 vezes.

As variações do campo magnético impediram as medidas rigorosas, mas ainda assim, Sadovsky concluiu que $\alpha - e$ depende do número n d'interrupções do circuito primário e que, apêzar desta differença ser dez vezes maior que fóra da acção do campo magnético, as suas variações com n não sam mais notaveis do que fóra do campo.

A differença não se annulla qualquer que seja o número d'oscillações.

Este resultado contradiz os de Lenard, que achou que a differença $\alpha - e$ era insignificante, quando era de 300 o número d'oscillações.

Isto é devido, segundo Sadovsky, á sobreposição das acções exercidas sobre a agulha do galvanómetro, pela rapidez da sua successão.

J. Wilsing e J. Scheiner (1) utilizáram para o

(1) J. Wilsing und J. Scheiner, *Wied. Ann.*, tom. LIX, 1896, pag. 982.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom VI. Juillet, 1897, pag. 379.

estudo das ondas eléctricas, a brusca variação de resistência que ellas provocam nos pontos de contacto de dois metaes.

Um fio d'aço assente sobre dois fios de latão parallelos intercala-se, bem como um galvanómetro, no circuito duma pilha.

A resistência dos contactos imperfeitos assim obtidos é de muitos milhares d'ohms, mas passa bruscamente a poucos ohms, quando, a alguns metros de distância, se faz saltar uma faísca eléctrica.

A corrente, até ahi muito fraca, adquire o valor dalgumas centésimas d'ampère.

Wilsing e Scheiner vêem nesta propriedade não só um meio de pôr em evidência a existência d'ondas eléctricas, mas até mesmo de medir a sua intensidade.

Evitando a influência das ondas reflectidas nas paredes da sala podéram estudar, aproveitando este processo, a intensidade das ondas transmittidas por duas redes parallelas, cruzadas, etc.

Procuráram também verificar se as radiações eléctricas estão comprehendidas no número das radiações solares.

Para isso, evitando quanto possivel os effeitos caloríficos, fizeram incidir sobre a resistência um feixe de raios solares reflectidos no espelho metálico dum heliostato.

As experiências não foram concludentes.

Estes physicos convenceram-se, porém, que se o sol envia realmente ondas eléctricas, ellas sam na sua maioria absorvidas pela atmosphera terrestre.

Curioso é também o comportamento das limalhas metálicas para com as oscillações eléctricas.

Estes phenomenos, depois muito estudados, foram pela primeira vez observados em 1885 por T. Calzecchi-Onerti (1) intercalando num circuito voltaico um tubo de vidro contendo limalha, cuja conductibilidade era quasi nulla.

Sendo o tubo atravessado pelas correntes induzidas dum carrete de Ruhmkorff a conductibilidade elevava-se e mantinha-se por algum tempo.

Mas foi indubitavelmente a Edouard Branly que estas variações de resistência mereceram mais attenção.

Este physico (2) empregou, ao principio, uma delgadissima lámina de cobre porphyrizado estendida sobre uma lámina rectangular de vidro despolido ou d'ebonite, com 7^{cm} de comprimento por 2^{cm} de largura.

Para facilitar a adherência, ligava-se, por vezes, ao cobre um pouco d'estanho.

Esta camada metálica depois de polida apresenta uma resistência eléctrica variavel entre algumas dezenas e milhões d'ohms, embora fôsse sempre o mesmo o peso do metal.

A ligação com o circuito fazia-se por meio de faixas estreitas de cobre, parallelas ao lado menor do rectângulo e applicadas contra a lámina por meio de parafusos de pequeno passo.

(1) T. Calzecchi-Onerti, *Il nuovo Cimento*, tom. xvii, 1885, pag. 38.

Journal de Physique, 2^{me} série, tom. v, 1886, pag. 573.

(2) E. Branly, *C. R.*, tom. cx1, 1890, pag. 785.

Outro género de conductores também empregado era constituído por finas limalhas de ferro, alumínio, cádmio, zinco, bismutho, etc., misturadas, por vezes, com líquidos isoladores.

As limalhas introduziam-se em tubos de vidro ou d'ebonite terminados por duas hastes metálicas.

Fechando um circuito, onde estejam comprehendidos um destes conductores e um galvanómetro, a corrente que, em regra, passa é insignificante; a conductibilidade eleva-se bruscamente, quando nas proximidades do circuito se fazem saltar uma ou mais descargas eléctricas.

A acção diminue quando a distância augmenta, mas observa-se nitidamente, mesmo sem precauções especiaes, a alguns metros de distância.

Intercalando um destes conductores num dos ramos duma ponte de Wheatstone, pode observar-se a variação de resistência sendo de 20^m a distância ao aparelho das descargas, separado da ponte por tres grandes salas.

Nestas circunstâncias não se ouvia o ruído das faíscas.

Com estes conductores as variações de resistência sam consideraveis.

Passam por exemplo de milhões a 2.000, e mesmo a 100 ohms, de 150.000 a 500, de 50 a 35, etc.

Esta diminuição não é passageira; persiste, ás vezes, por mais de vinte e quatro horas.

Procurando conhecer as condições em que se dá este phenómeno, achou Branly em primeiro

logar, não ser necessário que o circuito esteja fechado para que a resistência diminua.

Depois de reconhecer a grande resistência dalgumas lâminas isolou-as completamente interrompendo os contactos com as faixas de cobre, enquanto estavam sujeitas á acção das descargas.

Restabelecendo em seguida a ligação, reconheceu, que o effeito tinha tido lugar, mas que a variação é sempre mais extensa quando a lâmina, embora em circuito aberto, se acha ligada a fios conductores.

Observou tambem, que, para o caso, a passagem duma corrente induzida tem o mesmo effeito que as descargas a distância.

Nestas experiências reconheceu-se vantagem no emprego dos tubos com limalha, de preferência ás lâminas d'ebonite cobertas de cobre ou duma mistura de cobre e ferro, cujas variações de resistência têm um character permanente, embora não seja constante.

Os tubos com limalha retomavam facilmente a resistência primitiva, principalmente quando se percurtia o suporte em que descansavam.

Continuando com as suas investigações, Branly (1) construiu tubos contendo uma mistura íntima duma limalha metálica, d'alumínio por exemplo, com um isolador como a resina ou o enxofre fundidos, que se deixava em seguida solidificar.

(1) E. Branly, *C. R.*, tom. cxii, 1891.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. 1, 1891, pag. 459.

Société Française de Physique, 1891. Avril, 12.

Revue Générale des Sciences, tom. 4, 1891, pag. 278.

A descarga dum condensador collocado nas proximidades destes tubos diminuia immediatamente o valor da resistência, que retomava a primitiva grandeza, pouco mais ou menos, quando se batia com uma régoa sobre a mesa em que o tubo assentava, ou quando a sua temperatura se elevava, por pouco que fosse.

Repetindo mais tarde estas experiências (1) conseguiu Branly, pelo mesmo processo, tornar conductora uma mistura íntima de 1 parte em peso de plumbagina ou 2 de cobre porphyrizado, com 10 de pó de lycopódio, fortemente comprimida entre as hastes dum torno.

Augmentando gradualmente a proporção de lycopódio, a conductibilidade diminue constantemente, torna-se pouco duradoira logo depois de manifestada, e termina por não persistir, mesmo depois das enérgicas descargas dum condensador.

Observou-se também o reaparecimento espontâneo da conductibilidade, que havia desaparecido em virtude do aquecimento do conductor.

Assim, um cylindro sólido, formado por partes eguaes de enxofre e limalha fina d'alumínio, não se mostrava conductor senão depois d'influenciado pelas descargas dum condensador.

A conductibilidade cessava pelo aquecimento, mas reaparecia instantes depois de retirada a fonte calorífica.

Estas alternativas repetiram-se muitas vezes.

(1) E. Branly, *C. R.*, tom. cxviii, 1894, pag. 348.

Deixando o calor actuar durante um minuto depois de cessar a conductibilidade, era necessário esperar cinco minutos para que o cylindro se mostrasse novamente conductor.

A conductibilidade desaparecia de vez, quando a acção de calor se prolongava por mais de tres minutos.

Para explicar estes phenómenos aventou Branly duas hypótheses.

Ou o isolador, que separa as particulas conductoras, se torna conductor pela acção passageira duma corrente d'alto potencial, e os phenómenos observados caracterizam a conductibilidade do dieléctrico; ou deve considerar-se demonstrado não ser necessário que as partículas dum conductor estejam em contacto para conduzir as correntes eléctricas, por muito fracas que ellas sejam.

O professor Oliver Lodge (1) admite que as partículas das limalhas se polarizam e dispõem em filas longitudinaes conductoras.

Compara o phenómeno ao facto observado por Lord Rayleigh, de que approximando um pau de resina electrizada dum jacto d'água vertical, se impedem as gottas líquidas de resaltarem umas sobre as outras, e que dois jactos que se encontram, deixam de resaltar quando estiverem respectivamente ligados aos polos dum elemento de Grove.

(1) O. Lodge, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 94.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 31.

Lodge attribue estes phenómenos á formação, em cada gotta, de cadeias de moléculas polarizadas, terminando, num hemisphério, por átomos de oxygénio carregados negativamente, e no outro, por átomos do hydrogénio carregado positivamente.

Quando os hemisphérios de nomes contrários de duas gottas chegam ao contacto, as gottas attrahem-se não só em virtude das forças cohesivas ordinárias mas tambem pela acção das forças eléctricas.

O raio d'acção das moléculas acha-se assim augmentado, e a cohesão pode exercer-se a maiores distâncias.

G. Vicentini (1) para observar estes phenómenos da variação da resistência das limalhas metálicas, formou várias emulsões de mercúrio em azeite ou essência de terebinthina, com o que se obtem um liquido em que as pequenas gottas de mercúrio ficam separadas umas das outras.

Fazendo na vizinhança destes tubos saltar diversas fatscas eléctricas, viu-se que as pequenas particulas de mercúrio se reúniam formando gottas maiores cujo número e diâmetro augmentavam com o número das descargas.

Durante as differentes phases das descargas successivas tanto o mercúrio como o liquido isolador tomam rápidos movimentos.

(1) G. Vicentini, *Atti del Real Instituto di Venézia*, 7.^a série, tom. vi, 1895-1896.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. vi. Mars, 1897, pag. 155.

A propriedade de variação de resistência dos tubos com limalha, também estudada por G. M. Minchin (1), serviu a vários physicos taes como Lodge (2), Croft, Le Royer e Berchem, Biernacki (3), Spielmann, Von Lang (4), etc., para pôr em evidência a existência d'ondas eléctricas.

Branly (5) faz notar, que estes tubos sòmente indicam com precisão as posições dos nós e ventres das ondas estacionárias, quando separados do circuito comprehendendo a pilha e o galvanómetro, porque a acção duma corrente induzida no circuito seria muitas vezes sufficiente para actuar sobre a conductibilidade da limalha.

Estando a limalha separada do circuito, as ondas eléctricas sòmente têm acção sobre ella quando o tubo se prolongue por pequenos conductores metállicos.

A influência uma vez exercida põe-se em evidência intercalando novamente o tubo no circuito da pilha e do galvanómetro.

Quando as misturas sam muito resistentes devem distinguir-se a conductibilidade primitiva da consecutiva.

Para haver um primeiro accrécimo de condu-

(1) G. M. Minchin, *Philosophical Magazine*, tom. xxxvii, 1894, pag. 90.

Journal de Physique, 3^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 30.

(2) O. Lodge, *Nature*, tom. lii, London. June, 7, 1894.

(3) Biernacki, *Wied. Ann.*, tom. lv, 1895, pag. 599.

(4) Von Lang, *Wied. Ann.*, tom. lvii, 1896, pag. 430.

(5) C. Branly, *Journal de Physique*, 3^{me} série, tom. iv, 1895, pag. 273.

ctibilidade pode tornar-se necessário o emprego de correntes d'elevado potencial, mas desde que o effeito se manifestou uma vez e se faz desapparecer por qualquer dos processos usuaes, a alteração de resistência manifesta-se empregando correntes muito mais fracas que a primeira.

Esta conductibilidade consecutiva permite a construcção de resonadores muito sensiveis.

CAPITULO VII

TELEGRAPHIA SEM FIOS

Dá-se geralmente o nome de telegraphia á transmissão a distância de quaesquer signaes que traduzem o pensamento humano.

Esta denominação é imprópria, porque alguns dos télégraphos usados não deixam signal dos despachos transmittidos.

E' o que acontece com os primitivos télégraphos d'agulhas, com o submarino, com o télégrapho de Breguet, usado nos caminhos de ferro, etc.

Todos estesapparelhos exigem, porém, o emprego de fios conductores das correntes, o que os torna impróprios para certos usos, como, por exemplo, na arte da guerra.

Remediava-se este inconveniente, empregando os télégraphos ópticos que têm a preciosa vantagem de dispensarem longas e penosas installações.

Até agora o material empregado, mesmo nos apparelhos mais aperfeiçoados, consistia essencialmente, num foco luminoso cujos raios se

dirigiam sobre uma luneta convenientemente orientada no posto receptor.

O segredo da telegraphia óptica moderna consiste na combinação dum alphabeto convencional cujas differentes lettras sam figuradas, como no systema Morse, por uma successão de lampejos mais ou menos prolongados.

Esta mesma simplicidade acarreta consigo o grande defeito, principalmente quando se trata de coisas de guerra, de não assegurar o segredo da correspondência.

O inimigo observando os signaes, transmittidos principalmente á noite, consegue muitas vezes decifrar os despachos emittidos.

Este gravíssimo inconveniente foi remediado pelo emprego da luz polarizada.

O transmissor em vez de enviar uma série de clarões emite um raio continuo de luz polarizada, cujo plano de polarização se pode orientar de differentes maneiras.

Quanto ao receptor compõe-se duma série d'analysadores, tantos quantos os characteres a transmittir, orientados de differentes maneiras.

Tendo regulado as posições a dar ao polarizador para extinguir cada um dos analysadores, conseguem-se transmittir os despachos muito mais rapidamente e com mais segurança do que com os antigos modelos de télégraphos ópticos.

O aparelho pode ser empregado até distâncias de 35 a 40 chilómetros.

Hoje em dia é possível obter o mesmo resultado com o auxilio das radiações eléctricas.

Em 1842 Henry mostrou que a descarga duma garrafa de Leyde collocada num quarto do último andar da sua casa era capaz de magnetizar uma agulha situada numa loja, 9^m mais abaixo.

Em 1884 os telegrammas enviados em signaes Morse pelo « Post Office », de Londres para Bretford, através dum fio de cobre isolado e envolvido por um tubo de ferro enterrado na rua, foram lidos num circuito telephónico formado por um fio de ferro suspenso dos supportes usuaes, a 25^m de distância.

Um anno mais tarde, em 1885, Edison communicava com um combóyo em movimento, aproveitando a influencia exercida entre um circuito paralelo aos earris da linha e um circuito telephónico disposto no interior duma carruagem.

Depois das descobertas d'Hertz o problema da telegraphia eléctrica sem fios tem sido objecto de numerosas tentativas entre as quaes recordaremos, como principaes, as de Preece na Inglaterra, as de W. Rathenau, E. Rathenau e H. Rubens na Allemanha, e as modernas experiencias de Marconi o famoso discípulo do Dr. Righi, de Bolonha.

Preece (1) utiliza a inducção como meio de transmissão.

Tanto no posto expeditor como no receptor collocáram-se dois circuitos extraordinariamente grandes.

(1) W. H. Preece, Memória lida no congresso d'electricidade de Chicago, *Revue Scientifique*, 30^{me} année, tom. LII, 1893, pag. 620.

Se o circuito primário fôr percorrido por uma corrente constante regularmente interrompida ou por correntes alternativas, ouve-se num telephónio intercalado no circuito secundário, um som, cujo período concorda com o da corrente inductora.

Havendo no circuito primário um interruptor apropriado é possível obter sons de curta ou longa duração, com os quaes se pode formar um alfabeto análogo ao de Morse.

Numa das primeiras séries d'experiências aproveitou-se o canal de Bristol, onde era possível tentar a comunicação através de distâncias de 5 ou 8 chilómetros.

Duas ilhas, Feat Holm e Steep Holm, acham-se situadas em frente de Penarth e do cabo de Lavernoch, próximo de Cardiff.

Na primeira destas ilhas existe um pharol.

Dois grossos fios de cobre formando circuito foram collocados sobre postes, ao longo da costa da terra firme, numa extensão de 1.150 metros.

O circuito completava-se pela terra.

Na areia collocáram-se ao nível do baixo mar, a uma distância de 540^m do circuito primário, dois fios de cobre isolado e um terceiro fio nu.

As extremidades destes fios ligavam-se ao solo por meio de grossas barras metálicas enterradas na areia.

Os fios eram periodicamente cobertos pela maré, que naquelle ponto sobe 10 metros.

Em Feat Holm, a 5 chilómetros de distância collocou-se numa extensão de 540^m, um outro fio de cobre isolado.

Uma pequena chalupa a vapor tendo a bordo vários cabos isolados permittia o afastamento da costa, onde uma locomovel fazia mover um gerador, que fornecia 192 alternações completas por segundo, para intensidades attingindo, por vezes, 15 ampères.

Estas experiências demonstráram, que as ondas electro-magnéticas se podem transmittir a grandes distâncias através da água.

Foi impossivel determinar o limite da propagação.

A communicação entre a costa e Feat-Holm estabeleceu-se sem difficuldade.

Leram-se vários despachos transmittidos de parte a parte, e coisa curiosa, a primeira noticia transmittida e que provava o successo das experiências, annunciava tambem a morte subita de Graves, chefe do departamento técnico.

Os ensaios entre Lavernoch e Steep Holm, distantes de 8.500 metros, não tiveram o mesmo éxito; os signaes eram ainda perceptíveis, mas era impossivel distinguir os sons de modo a reconstituir os signaes de Morse.

Outra série d'experiências foi ultimamente realizada na Escossia entre Arran e Kintyre, cuja distância é dalgumas milhas inglezas.

Obteve-se o circuito primário estendendo um fio ao longo duma encosta, que se eleva até 1.000 metros e deixando o circuito fechar-se pela terra.

O comprimento total do fio era de 3.200 metros e a superficie do circuito primário superior a 3 milhões de metros quadrados.

O circuito secundário, como na primeira série d'ensaios, dispunha-se dum modo análogo ao primário.

Quando Preece communicou as suas experiências na sessão de 21 de fevereiro de 1894 á « Royal Comission for the Chicago exhibition » objectou-lhe Granville (1) que a par da indução se devia tambem considerar a conductibilidade pela terra que liga os dois circuitos.

Granville recordou nesta occasião uma experiência que havia feito com Willoughby Smith e que era a prova directa da influência desta conductibilidade.

A experiência consistia em enterrar próximo da costa duas chapas metálicas, entre as quaes, como electrodos, se fazia passar uma corrente constante.

Num barco afastado da costa algumas centenas de metros, era possível, por meio dum segundo par de chapas immersas dos dois lados do barco, a um quarto de milha de distância, obter desvios num galvanómetro intercalado num fio de meia milha de comprimento que ligava as duas placas.

Os desvios duravam somente enquanto o circuito primário estava fechado, o que leva a crer, que neste phenomeno intervinha apenas a conductibilidade.

Preece respondeu que havia tambem estudado cuidadosamente os phenomenos da conductibili-

(1) Dr. Heinrich Rubens, *Veruche über elektrische Telegraphie ohne Draht* — *Naturwissenschaftliche Rundschau*, tom. x, 1895, pag. 41.

dade, mas que estava convencido, que no caso presente, se tratava apenas d'acções devidas á inducção.

Esta questão foi também tratada por Stevenson (1) que independentemente de Preece fez várias experiências nas costas do norte d'Inglaterra e que chegou á conclusão que a inducção predomina todas as vezes que a distância das duas estações é muito grande em relação á das lâminas do conductor primário.

W. e E. Rathenau resolveram tentar a telegraphia sem fios utilizando não a inducção mas a conductibilidade pela terra, a que os physicos inglezes tinham ligado tam pouca importância.

Começaram, para isso, por estudar a distribuição das linhas de fluxo produzidas num líquido entre dois pares d'eléctrodos equidistantes.

Provou-se nestas experiências, que numa solução de chlorreto de sódio com a concentração da água do mar, passava para o circuito secundário a millionésima parte pouco mais ou menos, da corrente primária, quando a distância entre os dois pares d'eléctrodos era dez vezes superior á distância entre os eléctrodos do mesmo par.

Esta relação depende, por certo, da grandeza dos eléctrodos secundários e portanto é somente válida para as condições da experiência.

Mas como somente se attendia á ordem de grandeza do effeito produzido, e como a relação

(1) Charles A. Stevenson, *Royal Society of Edinburgh*. January, 1893.

Nature, tom. LV, London, 1896, pag. 197.

entre a superfície dos eléctrodos secundários e a sua distância se podia facilmente reproduzir, mesmo operando a centenas de metros, podia adoptar-se aquelle número como base d'experiências em grande escala.

O resultado obtido apesar de se aproveitar somente uma pequenissima fracção da corrente podia considerar-se muito animador porquanto com os galvanómetros muito sensíveis se pode apreciar com segurança uma milionésima de ampère, havendo por outro lado meios de produzir no circuito primário correntes alternativas ou periódicamente interrompidas, de muitos ampères.

O lugar escolhido para as experiências em ponto grande foi o lago de Wann, em Potsdam, onde contando com o Havel, se dispõe duma superfície d'água que se estende em linha recta a cerca de 5 chilómetros.

Os dois eléctrodos primários, de 15 metros quadrados de superfície, foram enterrados próximo da ponte de Frederico Guilherme, na Villenkolonie Alsen, a uma distância de 500 metros.

Os eléctrodos eram ligados por um cabo em que estavam intercalados uma bateria d'accumuladores, uma resistência para regular a corrente, e um interruptor de rotação que fechava o circuito 150 vezes por segundo.

Uma chave de Morse permittia a producção de longos ou curtos estabelecimentos da corrente.

O circuito secundário era constituído por dois eléctrodos com 4 metros quadrados de superfície cada um, fixados separadamente em pequenos

barcos, o que permittia mergulhá-los no lago a differentes distâncias variaveis entre 50 e 300 metros.

Um cabo munido dum telephónio estabelecia a ligação entre elles.

A' distância de 45 chilómetros, a maior a que se fizeram observações, os dois barcos estavam na immediata vizinhança das margens do Havel, próximo a Neu-Cladow, sendo ainda os signaes tam nítidos, que sem dúvida com os mesmos instrumentos se poderia operar a maiores distâncias.

Reconheceu-se tambem que é desprezível a influência dos baixos e das ilhas, situados entre as duas estações.

O telephónio embora se recomende pela sua simplicidade e facil emprego é inferior em sensibilidade a outrosapparelhos galvanométricos.

O Dr. Rubens construiu recentemente um instrumento muito superior ao telephónio não só pela sua sensibilidade mas tambem porque regista photographicamente os signaes transmittidos.

Este instrumento, análogamente ao que succede com o telephónio óptico de Wien, só tem esta sensibilidade para ondas dum determinado período, dependente da sua construcção.

Esta propriedade é de grande importancia para a telegraphia, porque empregando correntes alternativas de differentes períodos, pode communcar-se ao mesmo tempo com diversos postos, com diversos navios por exemplo, sem que o signal destinado a um delles seja percebido pelos outros.

Isto suppõe, é claro, que o período da corrente primária, variavel entre largos limites, concorda para os seus diversos valores com os períodos dos differentes receptores.

O systema mais aperfeiçoado da telegraphia eléctrica sem fios é a de Marconi, em que se aproveitam as correntes alternativas de grande frequência e que se distingue dosapparelhos até agora usados pela sensibilidade do *relais* construído pelo auctor.

Como todas as outras, a disposição de Marconi consta dum transmissor que produz as radiações e dum receptor que põe em evidência a impulsão recebida.

O transmissor (1) consta essencialmente dum excitador de Righi do último modelo construído.

As espheras do excitador, com quatro pollegadas de diâmetro, eram sólidas, o que, como se sabe, augmenta muito a acção.

Ao lado dellas estavam collocadas duas outras pequenas espheras, que limitam o circuito secundário dum carrete d'inducção, cujo primário é alimentado por uma bateria que se introduz ou retira do circuito por meio duma chave de Morse.

(1) *Nature*, tom. lvi, n.º 1442, London. June, 1897, pag. 6.
Abstract of a discourse delivered before the Royal Institution by W. H. Preece.

Revue Générale des Sciences, tom, viii, n.º 14. Juillet, 1897, pag. 567.

Naturwissenschaftliche Rundschau, tom. xii, n.º 31. Juli, 1897, pag. 400.

Nas experiências, ha pouco realizadas, o número d'oscillações era de 250 milhões por segundo.

A distância a que se podem transmittir os signaes varia, como é de ver, com a energia da descarga.

Um carrete dando faiscas de seis pollegadas era sufficiente para experiências feitas a menos de quatro milhas; para maiores distâncias empregou-se um carrete mais poderoso dando faiscas de vinte pollegadas.

No interruptor ha a notar em especial o *relais*, que consiste num pequeno tubo de vidro de 4^{cm} de comprimento, com dois polos de prata separados por um intervallo de meio millimetro, onde se colloca uma mistura de limalhas de nickel e prata com vestígios de mercúrio.

No interior de tubo assim preparado e fechado á lâmpada, deve haver uma pressão próximamente igual a 4^{cm} de mercúrio.

Este tubo faz parte dum circuito que contém tambem uma pilha e um *relais* telegráphico muito sensível.

Como se sabe, o tubo com limalha actua como um resonador, e a sua resistência ao princípio enorme, passa rapidamente, pela acção das ondas eléctricas, a menos de 50 ohms.

Para pôr novamente o tubo em estado de ser sensível ás radiações eléctricas, faz Marconi actuar a corrente local sobre um pequeno martello, que, percutindo o tubo de vidro, o faz retomar a primitiva resistência.

A duração dos sons produzidos pelas pancadas do martello permitem reconstituir os signaes de

Morse, que aliás podem também ser impressos por uma disposição especial.

O tubo do receptor prolonga-se de cada lado por dois conductores ligados a grandes lâminas metálicas cuja posição se regula de maneira a afinar o resonador com as ondas emitidas pelo excitador.

As oscillações lançadas pelo transmissor chegando ao receptor tornam a limalha conductora, a corrente local passa durante um espaço de tempo maior ou menor, reproduzindo assim os traços e pontos do alphabeto de Morse.

As experiências feitas no canal de Bristol entre Penarth e Brean-Down, distantes 9 milhas inglezas, deram os melhores resultados.

Provou-se também que as elevações do terreno e que a chuva, nevoeiro, neve e vento não tinham influência sensível na transmissão dos despachos.

Pelo systema de Marconi é também possível lançar os despachos em várias direcções ao mesmo tempo; basta para isso que os resonadores e transmissor estejam afinados para o mesmo período.

No decurso das experiências revelaram-se algumas anomalias, cuja explicação não parece facil.

Assim, por exemplo, notou Marconi, que o seu receptor funcçionava mesmo quando encerrado numa caixa metálica completamente fechada, o que, como se sabe, vae d'encontro a todas as anteriores experiências, ás d'Hertz principalmente.

Foi, por certo, este facto a origem do boato propalado pela imprensa noticiosa, que largamente se occupou do assumpto, de que Marconi esperava poder servir-se do seu apparelho como dum guarda costas precioso, que inflammaria os paioes dos navios coiraçados quando elles se approximassem a certa distância, ou tentassem porventura forçar uma passagem.

Assim seria talvez, se lá existisse um resonador afinado como o excitador, o que segundo cremos não faz, até agora, parte do material d'embarque.

ÍNDECE

CAPITULO I

EFFEITOS DE TESLA

Phenómenos electro-estáticos

	pag.
1. Fórmias da descarga	2
2. Acção dos dieléctricos	5
3. Comparação das descargas dos transformadores com as das máchinas electro-estáticas . . .	7
4. Chammas eléctricas	11
5. Descargas dos transformadores.	16

CAPITULO II

EFFEITOS DE TESLA

Iluminação pelas correntes alternativas

	:
1. Lámpadas bipolares	21
2. Lámpadas unipolares. Efeitos do bombardeamento molecular	24
3. Lámpadas apolares	28
4. Substâncias incandescentes	30

	pag.
5. Influência da pressão e capacidade	37
6. Tubos vazios. Campo electro-estático	43
7. Pinceis luminosos	56
8. Phenómenos de phosphorescência.	62
9. Conductibilidade do corpo humano	64

CAPITULO III

ACÇÃO DAS CORRENTES SOBRE OS SERES VIVOS

1. Acções physiológicas e therapêuticas.	68
2. Acção sobre as bacteriáceas	82

CAPITULO IV

ACÇÃO MAGNETIZANTE DAS CORRENTES ALTERNATIVAS.	91
--	----

CAPITULO V

ACÇÕES MECHÂNICAS DAS CORRENTES ALTERNATIVAS	107
--	-----

CAPITULO VI

VARIAÇÕES DA RESISTÊNCIA DOS CONDUCTORES	121
--	-----

CAPITULO VII

TELEGRAPHIA SEM FIO	135
-------------------------------	-----

JUN 12 1942

